НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ МИКОЛОГИИ
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ В РОССИИ

ТОМ 4

МАТЕРИАЛЫ III МЕЖДУНАРОДНОГО
МИКОЛОГИЧЕСКОГО ФОРУМА

Москва
2015

ББК 28.591
УДК 58-616.5
С56

Главный редактор
Ю.Т. Дьяков

Заместитель главного редактора
Ю.В. Сергеев

Редакционная коллегия

Белозерская Т.А.
Бибикова М.В.
Биланенко Е.Н.
Бурова С.А.
Бондарцева М.А.
Воронина Е.Ю.
Гагкаева Т.Ю.
Еланский С.Н.
Журбенко М.П.
Коваленко А.Е.
Кураков А.В.
Левитин М.М.
Марфенина О.Е.
Мокеева В.Л.
Озерская С.М.
Сергеев А.Ю.
Сидорова И.И.
Ткаченко О.Б.
Тремасов М.Ю.
Толпышева Т.Ю.
Феофилова Е.П.
Шнырева А.В.
Чекунова Л.Н.
Чернов И.Ю.

Современная микология в России. Том 4. Ред.: Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеев.
Материалы III Международного микологического форума.
Москва. 14 – 15 апр. 2015 г.: М.: Нац. акад. микол. 2015. Том 4. 380 с.

УДК 58-616.5
ББК 28.591

Издано в Российской Федерации в рамках программы
Национальной академии микологии

ISBN 978-5-901578-22-3
9 785901 578223

ISBN 978-5-901578-19-3

© Национальная академия микологии, 2015

Национальная академия микологии
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ В РОССИИ

Current Mycology in Russia

Том 4

Выпуск 1.

Новое в генетике, морфологии и физиологии грибов

Глава 1.
Генетика грибов

Глава 2.
Морфология и физиология грибов

Глава 3.
Биология дрожжей

Volume 4

Issue 1.

New studies in fungal genetics, morphology and physiology

Chapter 1.
Fungal genetics
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.01

Chapter 2.
Fungal morphology and physiology
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.02

Chapter 3.
Yeast biology
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.03

Содержание Выпуска 1

Глава 1. Генетика грибов

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБОВ РОДА *TRICHODERMA*
Ахметова Г.К. 5

РЕГУЛЯЦИЯ ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ ЗАЩИТНЫХ БЕЛКОВ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИТОПАТОГЕНОГО ГРИБА *SEPTORIA NODORUM* BERK. ОТРАЖАЕТСЯ НА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
Бурханова Г.Ф., Максимов И.В. 6

СТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНОМА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ
Колтовая Н.А. 8

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОГРАММ ПОЛОВОГО РАЗВИТИЯ У ГРИБОВ: ОТ БИПОЛЯРНОГО ГЕТЕРОТАЛЛИЗМА К ТЕТРАПОЛЯРНОМУ И ПСЕВДОГОМОТАЛЛИЗМУ
Шнырева А.А., Шнырева А.В. 12

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ИНДИКАЦИЯ ГРИБОВ РОДОВ *ASPERGILLUS И ASCOSPHAERA*
Шуралев Э.А., Мукминов М.Н., Ндайишимийе Э.В., Хаммадов Н.И., Осянин К.А., Петрова Е.А., Фаизов Т.Х. 14

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РАЗНЫХ ПОДХОДОВ В МАКРОСИСТЕМАТИКЕ И МИКРОСИСТЕМАТИКЕ ГРИБОВ И МИКРООРГАНИЗМОВ
Татаренко Д.Е. 16

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНОМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СИСТЕМАТИКА *GEOMYCES PANNORUM*
Василенко О.В., Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Сутормин Р.А., Пенин А.А., Логачева М.Д., Кондрашов А.С., Озерская С.М. 17

Глава 2. Морфология и физиология грибов

ГИДРОКСИЛИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ – АУТОРЕГУЛЯТОРЫ РАЗВИТИЯ ГРИБОВ
Белозерская Т.А, Бачурина Г.П., Филиппович С.Ю., Гесслер Н.Н. Макарова А.М., Гроза Н.В. 19

МИКОЛИТЫ – КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОСТРУКТУРЫ, ОБНАРУЖЕННЫХ В ГРИБЕ *INONOTUS OBLIQUUS*
Голохваст К.С., Чайка В.В., Серёдкин И.В., Памирский И.Э. 20

КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДВУХ ВИДОВ РОДА *EXOBASIDIUM WORONIN*
Гомжина М.М., Тобиас А.В. 22

АНТАГОНИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРИБОВ РОДА *ULOCLADIUM PREUSS*
Гомжина М. М., Ганнибал Ф.Б. 24

СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МИЦЕЛИЕМ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ
Гончарова И.А., Арашкова А.А., Тригубович А.М., Сосновская Н.Е., Соколова Т.В., Мицкевич А.Г. 26

СЕКРЕЦИЯ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ПРОТЕИНАЗ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ РОДА *FUSARIUM*
Ибрагимов Р.И., Шпирная И.А., Цветков В.О., Баширова Р.М, Яруллина Л.Г. 28

ЭНДОЦИТОЗ У МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ: ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ У КСИЛОТРОФНОГО ГРИБА *STEREUM HIRSUTUM*
Камзолкина О.В., Кудрявцева О.А., Штаер О.В., Мажейка И.С. 30

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА СОСТАВ УГЛЕВОДОВ В ЦИТОЗОЛЕ *TRAMETES MAXIMA*
Кляйн О.И., Куликова, Н.А., Ландесман Е.О., Королева О.В. 32

СЕКРЕТИРУЕМЫЕ ПЕПТИДАЗЫ И ИНГИБИТОРЫ ПЕПТИДАЗ ФИТОПАТОГЕННОГО ГРИБА *FUSARIUM ANGUIOIDES*
Лавренова В.Н. 33

ВЕГЕТАТИВНЫЕ РЕАКЦИИ СИБИРСКИХ ШТАММОВ *FUSARIUM OXYSPORUM* И *FUSARIUM SPOROTRICHIOIDES*
Литовка Ю.А., Литвинова Е.А. 34

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКОЯЩИХСЯ КЛЕТОК *PENICILLIUM ADAMETZII* ЛФ F-2044.1 – ПРОДУЦЕНТА ГЛЮКОЗОКСИДАЗЫ
Михайлова Р.В., Семашко Т.В, Шедько А.А., Демешко О.Д., Лобанок А.Г. 36

ПРОРАСТАНИЕ ПОКОЯЩИХСЯ СПОР МУКОРОВЫХ ГРИБОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ И ЛИПИДНОГО СОСТАВА
Мысякина И.С., Феофилова Е.П. ... 39

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОТКРЫТОГО КОСМОСА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ
Понизовская В.Б., Дьяков М.Ю., Ребрикова Н.Л., Антропова А.Б., Мокеева В.Л., Биланенко Е.Н. ... 40

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ МИКРОМИЦЕТАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РОСТА
Сазанова К.В., Власов Д.Ю., Осмоловская Н.Г., Щипарёв С.М. ... 41

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА ФОСФАТИДИЛХОЛИНА НА РОСТ, МОРФОГЕНЕЗ И СОСТАВ МЕМБРАННЫХ ЛИПИДОВ БАЗИДИАЛЬНОГО ГРИБА *FLAMMULINA VELUTIPES*
Сеник С.В., Котлова Е.Р. ... 43

ОТВЕТ НА ТЕПЛОВОЙ ШОК У ТЕРМОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ
Терёшина В.М., Януцевич Е.А., Гроза Н.В., Данилова О.А. ... 45

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РЯДА «ПОКОЛЕНИЙ» *ASPERGILLUS VERSICOLOR*
Тугай А.В., Тугай Т.И., Пидгерская Л.О., Желтоножский В.А., Желтоножская М.В., Садовников Л.В. ... 47

ИЗМЕНЕНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ И ДИНАМИКИ ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ ЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ МОРФОГЕНЕЗА МАКРОМИЦЕТОВ
Ветчинкина Е.П., Горшков В.Ю., Агеева М.В., Гоголев Ю.В., Никитина В.Е. ... 49

КОЛЛАГЕНАЗЫ И ПРОТЕИНАЗЫ *ASPERGILLUS FLAVUS* ПРИ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В ФЕРМЕНТЕРАХ
Яковлева М.Б., Никитина З.К. ... 52

РОЛЬ СИГНАЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ В РЕГУЛЯЦИИ ЗАЩИТНОГО ОТВЕТА РАСТЕНИЙ НА ИНФИЦИРОВАНИЕ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ
Яруллина Л.Г., Касимова Р.И., Ахатова А.Р., Максимов И.В. ... 54

МИКРОМОРФОЛОГИЯ МИЦЕЛИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ ТРАМЕТОИДНЫХ ТРУТОВИКОВ
Зарипова Г.Ф., Широких А.А., Широких И.Г ... 57

Глава 3. Биология дрожжей

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ СБРАЖИВАТЬ САХАРА И РАСТИ НА БЕЗВИТАМИННОЙ СРЕДЕ
Ганбаров Х.Г., Абдулгамидова С.М., Гейдаров Н.Ч. ... 59

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДРОЖЖЕЙ YARROWIA LIPOLYTICA
Аринбасарова А.Ю., Бирюкова Е.Н., Меденцев А.Г ... 60

ОТ СРАВНЕНИЯ СВОЙСТВ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ БЕЛКОВ ДРОЖЖЕЙ К ИХ НОВЫМ ФУНКЦИЯМ ВНУТРИ КЛЕТКИ
Арзуманян И.С., Яминский И.В., Кузнецов С.А., Егоров С.Н. ... 62

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИПЛОИДНЫХ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК SACCHAROMYCES CEREVISIAE
Евстратова Е.С., Петин В.Г. ... 63

СПЕКТР ДЕЙСТВИЯ МИКОЦИНОВ *SCHIZOSACCHAROMYCES POMBE*
Голубев В.И. ... 66

ВЛИЯНИЕ ФОСФОРНОГО ОБМЕНА НА ПОДВИЖНОСТЬ ВОЛЮТИНОВЫХ ГРАНУЛ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*
Громозова Е.Н., Харчук М.С. ... 67

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ЦИТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*
Калюжин В.А. ... 68

ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ ГЛИКОЛИПИДЫ ДРОЖЖЕЙ: СТРУКТУРНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
Кулаковская Е.В. ... 71

ПОЛИФОСФАТАЗЫ ДРОЖЖЕЙ: СВОЙСТВА, РОЛЬ В КЛЕТКЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
Андреева Н.А., Личко Л.П., Трилисенко Л.В., Кулаковская Т.В. ... 72

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ КАРБОНИЛИРОВАНИЯ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ БЕЛКОВ У МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ
Мажейка И.С., Буданова Е.В., Кудрявцева О.А., Штаер О.В., Камзолкина О.В. ... 73

KOMAGATAELLA KURTZMANII NAUMOV ET AL. – БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД ДРОЖЖЕЙ
Мещерякова Е.В., Кондратьева В.И., Наумова Е.С., Наумов Г.И. ... 75

БДЕЛЛОВИБРИОНОПОДОБНЫЕ БАКТЕРИИ, ПАРАЗИТИРУЮЩИЕ В КЛЕТКАХ ГРИБОВ РОДА *CANDIDA*
Мурадова С.А., Караев З.О., Курбанов А.И.,Гурбанова С.Ф. ... 77

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ *SCHIZOSACCHAROMYCES POMBE*
Наумов Г.И., Кондратьева В.И., Наумова Е.С. ... 80

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ШТАММОВ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ *CANDIDA MACEDONIENSIS* BDU-Mİ44 СИНТЕЗИРОВАТЬ НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА
Ганбаров Х.Г., Джафаров М.М., Гаджиева Ф.Т., Бозкурт Х.Дж. ... 82

РОЛЬ TOR-КИНАЗНОГО КОМПЛЕКСА В РЕГУЛЯЦИИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ МЕТАБОЛИЗМА МЕТАНОЛА У ДРОЖЖЕЙ *PICHIA PASTORIS*
Румянцев А.М., Самбук Е.В. ... 82

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ШТАММА ДРОЖЖЕЙ – ПРОДУЦЕНТА ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И БЕТА-ГАЛАКТОЗИДАЗЫ, КАТАЛИЗИРУЮЩЕЙ СИНТЕЗ ГАЛАКТООЛИГОСАХАРИДОВ
Сапунова Л.И., Костеневич А.А., Яцевич К.К., Бажанов Д.П. ... 84

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ *YARROWIA LIPOLYTICA* В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ pH
Секова В.Ю., Терёшина В.М., Дергачёва Д.И., Исакова Е.П., Дерябина Ю.И. ... 87

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПАТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ШТАММОВ *S. CEREVISIAE*
Шеина Н.И., Скрябина Э.Г., Мялина Л.И. ... 87

ГИБЕЛЬ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ АРЕСТЕ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА: РОЛЬ МИТОХОНДРИЙ
Сорокин М.И., Зырина А.Н., Соколов С.С., Кнорре Д.А., Северин Ф.Ф. ... 89

ФИТОГОРМОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ
Стрелецкий Р.А. ... 90

ПОТРЕБНОСТИ ДРОЖЖЕЙ ПРИРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ «ТИБЕТСКИЙ РИС» В ФАКТОРАХ РОСТА
Тихомирова О.М. ... 92

ВЛИЯНИЕ СУПЕРПРОДУКЦИИ ПРОТЕИНДИСУЛЬФИДИЗОМЕРАЗЫ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ *PICHIA PASTORIS*
Цыганков М.А. Падкина М.В. ... 95

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОБНЫХ БИОПЛЕНОК КЛИНИЧЕСКИМИ ШТАММАМИ ГРИБОВ РОДА *CANDIDA*
Ульянов В.Ю., Нечаева О.В., Определенцева С.В., Вакараева М.М.
Шаповал О.Г.,Тихомирова Е.И., Заярский Д.А. ... 96

Глава 1.
Генетика грибов

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.01

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБОВ РОДА *TRICHODERMA*

Ахметова Г.К.
НПЦЗХ им. А.И. Бараева, Шортанды, Казахстан

Все больше интерес представлен к грибам рода *Trichoderma,* так как грибы этого рода являются важным объектом для изучения в области биохимии, физиологии и генетики. Грибы рода *Trichoderma* обладают высокой антагонистической активностью, высокой скоростью роста, что является главным фактором в создании биопрепарата на их основе как средства защиты растений [1].

Стоит отметить, что грибы рода *Trichoderma* обладают способностью выделять вторичные метаболиты такие вещества как антибиотики, витамины и внутриклеточные аминокислоты [2]. Также, практическое применение грибов *Trichoderma* в области сельскохозяйственной биотехнологии актуально по разработке биопреапаратов. Например, биопрепарат триходермин более эффективен по сравнению с химическими препаратами [3]. При внесении биопрепарата в почву интродуцированные конидии способны колонизировать поверхность корней, увеличивать их всасывающую поверхность и создавать барьер для фитопатогенных микроорганизмов [4]. Данный род грибов включает огромное количество видов, следовательно, необходима генетическая идентификация грибов рода *Trichoderma* [5]. Целью данного исследования являлось выделение грибов рода *Trichoderm*а в условиях Северного Казахстана и генетическая идентификация данного вида гриба по ITS региону.

Методы исследования. Грибы рода *Trichoderma* выделяли из южных черноземов Северного Казахстана на твердую питательную среду Чапека-Докса с концентрацией ионов pH 6.0. Идентификация грибов осуществлялось по методу определения нуклеотидной последовательности ITS региона (межгенного транскрибируемого региона).

Выделение ДНК грибов. Использовали буферный раствор содержащий 100 мМ Трис-HCL, pH 8,0 1,4 М NaCl, 20мМ ЭДТА, 2 % CTAB, протеиназу К 100 мкг/мл. Культуры центрифугировали, затем удаляли надосадочную жидкость, осадок переносили в стерильные ступки. Добавляли жидкий азот и растирали до порошкового состояния. После чего добавляли 100 мкг полученной суспензии переносили в стерильную 1,5 -мл пробирку. Затем добавляли 500 мкг соответствующего буфера. Инкубационный период составил 18 ч. Очистку выполняли 2 раза фенол/хлороформом методом: добавляли 750 мкг хлороформ/изоамилового спирта (24/1), тщательно перемешивали и центрифугировали при 12000 об/мин в течение 10 мин.

После центрифугирования водную фазу переносили в новые чистые пробирки и преципитировали ДНК 0,6 объемами изопропилового спирта. Центрифугирование проводили при 1200 об/мин в течение 10 мин, осадок ДНК однократно отмывали 70%-ным этиловым спиртом, с последующим центрифугированием и удалением жидкой фазы. После этого, осадок подсушивали на воздухе в течение 15 мин. Образцы ДНК растворяли в 100 мкг однократного ТЕ буфера и хранили при минус 20˚С. Концентрацию ДНК измеряли спектрофотометрическим методом с использованием спектрофотометра при λ 260 нм.

Результаты исследования.

Амплификация ITS региона. Реакция ПЦР была выполнена с праймерами

ITS 5 5’ – ggaagtaaaagtcgtaacaagg-3’ и
ITS 4 5’- tcctccgcttattgatatgc-3’

в общем объеме 30 мкг ПЦР смесь содержала следующие компоненты 10 нг ДНК, 1 Ед. Taq DNA Polymerase (AppliChem), 0,2 мМ каждого дНТФ, 10XNH_4 буфер (AppliChem), 10 пмоль каждого праймера. Программа ПЦР амплификации включала длительную денатурацию 94 °С в течение 5 мин; 30 циклов: 95 °С – 30 сек, 52 °С – 30 сек, 72 °С – 1 мин; заключительная элонгация 7 мин при 72 °С, ПЦР программа была выполнена с применением амплификатора DNA Engine Tetrad 2 Cycler PTC-0240 (Bio-Rad). Результаты ПЦР амплификации приведены на рис. 1.

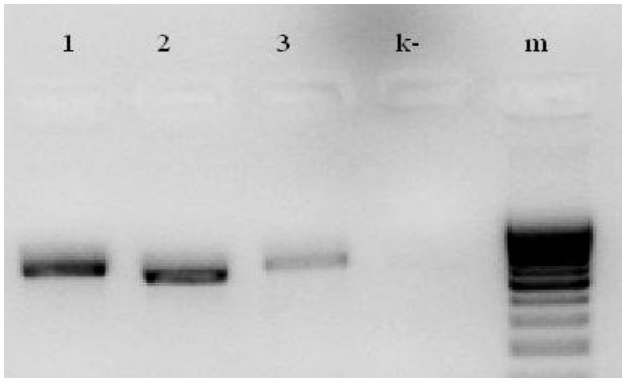


Рисунок 1. Электрофорерограмма ПЦР продуктов амплификации **ITS**-региона.

Обозначения: (1–3) образцы, нумерация согласно п/н; (m) маркер молекулярного веса (Fermentas) (100 – 10000 п.н., от 100–1000 шаг 100 п.н.), (k-) отрицательный контрольный образец.

Как видно из рис. 1, во всех лунках присутствует специфическая полоса, что свидетельствует о наличии ПЦР продукта.

Суммарные результаты идентификации штаммов по фрагменту ITS-региона.

Наименование	Результат идентификации	Примечание
2trich	*Trichoderma inhamatum / T. harzianum*	Из за генетической близости данных разновидностей, видовая принадлежность анализируемых образцов не может быть установлена с использованием ITS региона.

Выводы. Биоразнообразие и идентификация грибов *Trichoderma* является важным фактором в изучении систематики грибов данного вида. Видовая идентификация грибов рода *Trichoderma* позволяет изучить данные виды и отобрать наиболее эффективные штаммы для использования в разработки биопрепаратов. Таким образом, генетической идентификацией было установлено, что грибы рода *Trichoderma* из-за генетической близости данных разновидностей штаммов не может быть установлено, т. к. генетическое исследование показало, что грибы этой группы относит к виду *Trichoderma inhamatum* или *Trichoderma harzianum*.

Следовательно, необходимо провести физиологические и биохимические анализы для определения данного вида, выделенного в условиях Северного Казахстана.

Список литературы

1. Benitez T. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. Intern Microbiol. 2004; 7: 49-260.
2. Алимова Ф.К. Trichoderma. Hypocrea (Fungi, Ascomycetes, Hupocreales): таксономия и распространение. Казань: Казанский унив. 2006: 264 с.
3. Алимова Ф.К. Некоторые вопросы применения препаратов на основе грибов рода *Trichoderma* в сельском хозяйстве. «АГРО XXI». Научно-практ. журн. 2006; 4-6: 18-21
4. Werle E, Schneider C, Renner M, Völker M, Fiehn W. Convenient single-step, one tube purification of PCR products for direct sequencing. Nucl Acids Res. 1994. 22: 4354-5.
5. Дьяков Ю.Т., Шнырева А.В., Сергеев А.Ю. Введение в генетику грибов. М.: Academia, 2005.

РЕГУЛЯЦИЯ ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ ЗАЩИТНЫХ БЕЛКОВ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИТОПАТОГЕНОГО ГРИБА *SEPTORIA NODORUM* BERK. ОТРАЖАЕТСЯ НА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

Бурханова Г.Ф., Максимов И.В.
Институт биохимии и генетики Уфимского НЦ РАН

Септориоз, вызываемый патогенными грибами рода *Septoria,* является одним из наиболее широко распространенных и вредоносных заболеваний зерновых культур. В естественных условиях популяция гриба *Septoria nodorum* Berk. состоит из смеси изолятов, различающихся степенью агрессивности. От соотношения низко, средне- и высокоагрессивных форм гриба во многом зависит степень поражения растений.

Важную роль во взаимоотношениях растений и патогенов играют ферменты антиоксидантной системы [1]. В то же время при инфицировании в растениях происходит формирование индукция экспрессии ряда генов защитных PR-белков (pathogenesis related-proteins) [2], принимающих участие в предотвращении развития и распространения патогена. В связи с этим изучение в комплексе механизмов защиты растений с одной стороны и механизмов инфицирования грибом с разной степенью агрессивности с другой представляет интерес.

В качестве объектов исследования были использованы проростки пшеницы *T. aestivum* L восприимчивого сорта Жница. Развернутые листья семисуточных проростков пшеницы срезали, помещали во влажную камеру, срезы прикрывали ватой, смоченной в растворе бензимидазола (40 мг/л). Отрезки листьев инокулировали суспензией пикноспор штаммов гриба *S. nodorum* (10^6 спор/мл). В предварительных опытах было обнаружено, что штамм 9МН проявлял высокую, а штамм 4ВД низкую – степень агрессивности. Штамм 4 ВД отличался более медленным развитием в растительных тканях и более длительным латентным периодом по сравнению со штаммом 9МН.

Тотальную РНК выделяли с помощью тризола, согласно протоколу фирмы-поставщика (Molecular Research Center, Inc). Концентрацию РНК измеряли при A_{260}/A_{280} на спектрофотометре Smart Spec™ Plus (Bio-Rad), предварительно растворив образцы в Tris-EDTA буфере. Синтез кДНК проводили с использованием праймеров и фермента M-MLV обратной транскриптазы по протоколу фирмы-поставщика (Fermentas, США). Одноцепочечную кДНК использовали в реакции амплификации с праймерами, специфичными к ингибиторам протеиназ (EU293132.1) и анионной пероксидазе (AK333699.1). В качестве положительного контроля использовали праймеры к конститутивно экспрессирующийся гену,

кодирующего белок подобный ингибитору РНКазы-L пшеницы (RNase L inhibitor-like protein) *RLI(a)* [3]. Данные активности транскрипции изученных генов нормализованы против активности транскрипции гена *RLI(a)* и представлены в % от контроля.

В растительных клетках, инфицированных патогеном, запускается механизм интенсивной генерация перекиси водорода, от концентрации которой зависит развитие устойчивости или восприимчивости растений. Исследования, проведенные в нашей лаборатории ранее, показали способность высокоагрессивного штамма подавлять генерацию H_2O_2 в инфицированных тканях восприимчивого сорта пшеницы, в основном за счет повышения активности внеклеточной каталазы [4].

Чтобы определить источник каталазной активности в патогенной системе растения-гриб, были проведены эксперименты, позволившие оценить активность транскрипции гена каталазы *S. nodorum* различной агрессивности в культуральной среде и в инфицированных тканях пшеницы (рис. 1).

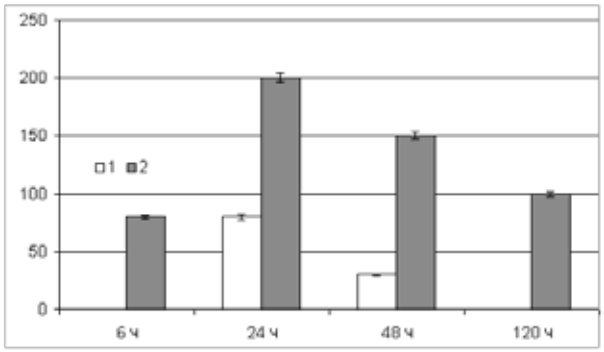


Рисунок 1. Транскрипционная активность гена каталазы (в % к неинфицированному контролю) *S. nodorum* слабо- (1) и высокоагрессивного (2) штаммов при инфицировании в растениях пшеницы.

Так, штамм 9МН с высокой агрессивностью индуцировал экспрессию гена грибной каталазы и накопление его продукта в растениях пшеницы уже к 6 часам после инокуляции. Важно, что высокий уровень транскрипционной активности гена каталазы и активность самого фермента в этом варианте опыта поддерживался на протяжении всего опыта на высоком уровне. Инфицирование растений штаммом 4ВД, характеризующимся слабой агрессивностью, также повышало активность транскрипции гена каталазы в растениях, но намного позже, через 24 ч после инфицирования, и то незначительно.

Соответственно, активность самого фермента в этих растениях также была низка. Т. обр., уровень экспрессии гена каталазы *S. nodorum* в инокулированных листьях коррелировал со степенью агрессивности штамма патогенного гриба, а повышение транскрипционной активности каталазы в инфицированных листьях пшеницы оказалась связанной с продукцией ее патогеном.

С другой стороны, развитие защитных реакций растений, несомненно, связано с индукцией транскрипционной активности генов, кодирующих определенные защитные белки. Так, продукция H_2O_2 в листьях пшеницы, инфицированных высоко агрессивным штаммов гриба *S. nodorum,* может быть связана с экспрессией PR-белков, таких как, например, ингибиторы протеиназ и пероксидаз. Растительные пероксидазы играют ключевую роль в защите растений от патогенов, принимая участие в синтезе антимикробных соединений и укреплении клеточной стенки растения путем формирования лигнина, что коррелирует с их устойчивостью [5].

Так, инфицирование растений как слабоагрессивным, так и агрессивным штаммом вызывало повышение транскрипционной активности ингибиторов протеиназ (рис. 2А). Причем видно, что при инфицировании растений высоко агрессивным штаммом активность транскрипции гена, кодирующего ингибиторы протеиназ, проявлялась в меньшей степени, чем под влиянием слабоагрессивного. Можно предположить, что агрессивный штамм 9МН *S. nodorum* способен подавлять экспрессию генов, кодирующих ингибиторы протеиназ, в восприимчивых растениях пшеницы, в отличии от слабоагрессивного штамма 4 ВД.

Более четко способность агрессивного штамма снижать эффективность защитных систем растения проявляется при анализе активности транскрипции гена анионной пероксидазы пшеницы. Как видно из рис. 1Б, на ранних этапах патогенеза транскрипционная активность анионной пероксидазы в листьях пшеницы, инфицированных как высоко агрессивным, так и низко агрессивным штаммом значительно усиливалась. Через 24 ч в растениях пшеницы, инфицированных слабоагрессивным штаммом, синтез анионной пероксидазы еще возрастает. Интересно, что в варианте с использованием агрессивного штамма синтез анионной пероксидазы, напротив, падает.

Известно, что тотальная активация фермента пероксидазы в начальные стадии развития септориоза проявляется неспецифически при формировании защитного ответа растений и не зависит от степени агрессивности патогена. Однако в последующем, как мы видим, ответная реакция растений на инфицирование начинает кардинально различаться.

Ранее нами было показано, что анионная пероксидаза пшеницы имеет в молекулярной структуре сайт, позволяющий ей взаимодействовать с клеточными стенками патогенов [4], как у PR-5, ингибиторов протеиназ и тауматин-подобных белков [6]. Можно предположить, что агрессивные формы возбудителя септориоза способны к выработке неких эффекторов, ингибирующих защитные реакции растений не только через механизм прямого отключения активности защитных белков [5], но и опосредованно, через подавление экспрессии их генов.

Со стороны растения усиление развития защитного ответа растительного организма за счет синтеза PR-белков, ингибиторов протеиназ и анионной пероксидазы, способной ионообменно взаимодействовать с полиса-

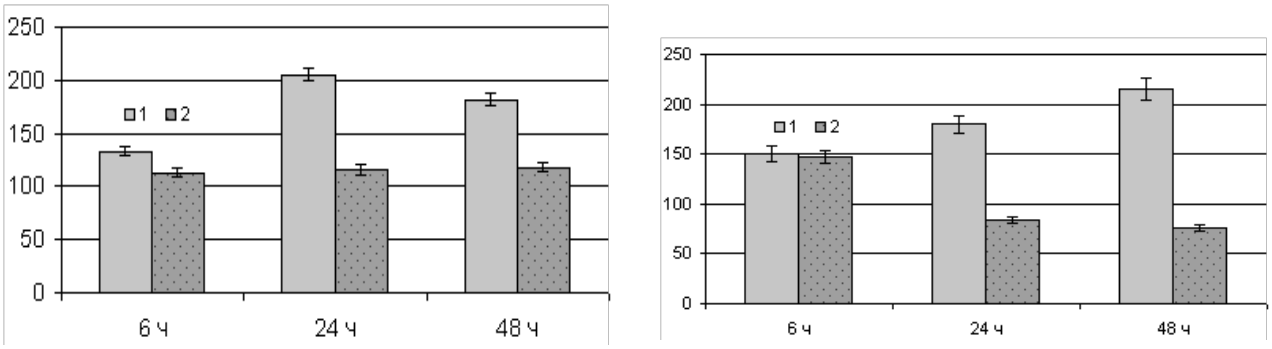


Рисунок 2. Транскрипционная активность ингибиторов протеиназ (А) и анионной пероксидазы (Б) (в % к неинфицированному контролю) в растениях пшеницы при инфицировании слабоагрессивным (1) и высокоагрессивным (2) штаммами гриба *S. nodorum*.

харидами клеточной стенки патогенов, накапливаться в зоне проникновения гриба и укреплять клеточную стенку гриба путем формирования лигнина, является важным в регуляции механизмов защиты растения. Со стороны патогена, степень экспрессионной активности гена каталазы и, соответственно, степень активности фермента, разлагающего перекись водорода, является одним из важных факторов, обеспечивающих высокую их агрессивность и патогенность.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ №14.604.21.0016 по приоритетному направлению «Науки о жизни» в рамках 1.2 Программы (уникальный идентификатор (RFMEFI57614X0039)).

Список литературы

1. Karuppanapandian T, Moon J-C, Kim C, Manoharan K, Kim W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. Australian J Crop Sci. 2011; 5(6): 709-25.
2. Van Loon L, Rep M, Pieterse CM. Significance of Inducible defense-related proteins in infected plants. Annu Rev Phytopathol. 2006; 44: 135-62.
3. Giménez MJ, Pistón F, Atienza SG. Identification of suitable reference genes for normalization of qPCR data in comparative transcriptomics analyses in the Triticeae. Planta. 2011; 233(1): 163-73
4. Максимов И.В., Черепанова Е.А., Кузьмина О.И., Яруллина Л.Г., Ахунов А.А. Молекулярные особенности пероксидаз растений, связывающихся с хитином. Биоорг. хим. 2010; 36(2): 319-26.
5. Almagro L, Gomez Ros LV, Belchi-Navarro S et all. Class III peroxidases in plant defence reactions. J Exp Botany. 2009; 60; 377-90.
6. Liu JJ, Sturrock R, Ekramoddoullah AK. The superfamily of thaumatin-like proteins: its origin, evolution, and expression towards biological function. Plant Cell Rep. 2010; 29(5): 419-36.

СТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНОМА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Колтовая Н.А.
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Московская область

Доклад посвящается памяти генетика Александра Борисовича Девина (1944–2007), излюбленным объектом которого были дрожжи-сахаромицеты Saccharomyces cerevisiae.

Важным направлением его работ было исследование генетического контроля стабильности генома дрожжей-сахаромицетов и поиск новых генов, контролирующих генетическую стабильность клеток. Интересно было проследить, как выглядят в свете современных данных результаты, полученные А.Б. Девиным и его коллегами.

Надо отметить, что дрожжи-сахаромицеты являются особенно удобным объектом для исследования геномной стабильности, так как толерантны к наличию лишних хромосом. Кроме того, к началу работ среди всех эукариот именно у дрожжей был наиболее изучен митохондриальный геном, поскольку клетки дрожжей способны пережить его нарушение (*rho*$^-$) и даже элиминацию (*rho*^{0}). Был разработан специальный метод, позволивший отобрать коллекцию ядерных мутаций, приводящих к изменению стабильности ядерного и митохондриального геномов (Devin, Koltovaya,

1981; Девин и др., 1994). Эти мутации повышали частоту утраты хромосом у анеуплоидных штаммов и снижали частоту митохондриальных дегенеративных мутаций petite (*rho*$^-$). Было также обнаружено стабилизирующее влияние анеуплоидии на стабильность митохондриального генома (Devin et all., 1987). Следует заметить, что такие мутации, стабилизирующие митохондриальный геном и снижающие частоту возникновения мутаций дыхательной недостаточности, получены впервые. Природа этого явления до сих пор не ясна и представляет большой интерес.

Часть ядерных мутаций была картирована и секвенирована (Devin et all, 1990; Koltovaya et all, 2003). Оказалось, что изученные мутации локализованы в высоко иерархичных генах, играющих ключевую роль в жизнедеятельности клетки. На современном языке биологии систем это – так называемые хабы (hubs) биологических сетей, описывающих физические взаимодействия между белками. Идентифицированные гены участвуют в регуляции клеточных процессов посредством химических модификаций. Один из них кодирует центральную киназу CDC28/CDK1, регулирующую прохождение клеточного цикла (Колтовая, 2013). Второй ген кодирует компонент Ada1 транскрипционного гистонацетилтрансферазного комплекса SAGA, в котором ацетилазной активностью обладает субъединица Gcn5. Третий ген кодирует ядрышковый белок Net1, контролирующий локализацию деацетилазы Sir2. Были сделаны предположения о том, что наблюдаемые эффекты определяются химической модификацией структурных элементов хроматина (в частности, фосфорилированием, ацетилированием и деацетилированием гистонов и негистоновых белков) и о существовании общих регуляторных элементов упаковки ядерных хромосом и митохондриальной ДНК. В 80-е годы мало что было известно об эпигенетическом контроле с помощью химической модификации гистонов и гистоновом коде. В настоящее время это – одно из наиболее актуальных современных исследовательских направлений в молекулярной биологии.

Для того чтобы разобраться, каким образом эти ферменты осуществляют контроль стабильности геномов и в каких процессах они участвуют, были исследованы генетические проявления мутаций (Devin et all, 1990; Koltovaya et all, 2003; Koltovaya et all, 1998; Колтовая и др., 1998). Помимо дестабилизации хромосом, обнаружили также влияние мутаций на рекомбинацию ДНК и чувствительность клеток к повреждающему действию ионизирующей радиации. Среди изучаемых мутаций выделили мутации, приводящие как к радиочувствительности, так и к радиорезистентности клеток.

Все более очевидной становилась взаимосвязь различных компонентов интегрального клеточного ответа на повреждения ДНК, который обеспечивает стабильность и целостность генома. В 1988 г. впервые у дрожжей обнаружили новый механизм (названный checkpoint), контролирующий правильность прохождения клеточного цикла. При повреждении ДНК checkpoint-контроль вызывает остановку клеточного деления и активирует репарацию повреждений. Такой ответ позволяет клеткам выживать и поддерживать генетическую стабильность. Считается, что нарушение checkpoint-контроля, приводящее к увеличению мутабильности и геномной нестабильности, вносит существенный вклад на ранних стадиях карценогенеза. Было показано, что изучаемые гены *CDC28/CDK1, NET1, HFI1/ADA1*, стабилизирующие геном и повышающие радиорезистентность клеток, принимают участие в checkpoint-контроле (Колтовая, Кадышевская, *2009*).

Предполагалось, что нарушение checkpoint-остановки клеточного цикла приводит к повышению чувствительности клеток к повреждающим агентам и к генетической нестабильности. Действительно, у большинства мутантов с дефектной регуляцией остановки клеточного цикла было обнаружено повышение чувствительности к действию ДНК-повреждающих агентов. Однако нельзя было исключить, что такое повышение чувствительности связано не только с отсутствием остановки клеточного цикла при получении повреждения, но и с участием некоторых checkpoint-генов в процессах репарации. Схема генетического контроля регуляции прохождения и остановки клеточного деления нуждалась в тщательных исследованиях. К настоящему времени проводимые в многочисленных лабораториях исследования привели к приблизительному пониманию базовых молекулярных механизмов checkpoint-контроля в ответ на повреждения ДНК. Предполагается, что на место повреждения ДНК комплекс RFC-Rad24 загружает комплекс Ddc1-Mec3-Rad17. Независимо от них там же садится киназный комплекс Mec1-Ddc2, который активируется, в том числе с участием Ddc1, и осуществляет фосфорилирование Rad9. Это фосфорилирование необходимо для активации киназного каскада, в том числе эффекторной киназы Rad53, и фосфорилирования мишенных белков, осуществляющих остановку клеточного деления (Колтовая, 2009).

Был проведен анализ взаимодействия check-point-генов *RAD24*, *RAD17*, *RAD9, RAD53* и генов *CDC28*, *NET1*, *HFI1/ADA1* в определении чувствительности клеток дрожжей к повреждающим воздействиям (Колтовая *и др., 2008а, 2008б*). Было показано, что идентифицированные нами гены относятся к одной эпистатической группе с checkpoint-генами. Эта группа, названная *RAD9*-группой (по аналогии с эпистатическими группами генов репарации *RAD6*, *RAD2* и *RAD52*), осуществляет разветвленный путь контроля радиорезистентности. Причем отмечено отличие взаимодействия между checkpoint-генами в отношении чувствительности к γ-квантам и к УФ-излучению. Полученные данные свидетельствуют о возможном участии checkpoint-генов непосредственно в репарации повреждений ДНК, независимо от их участия в остановке клеточного деления.

Полученные к настоящему времени в других лабораториях данные подтвердили наши результаты. Например, показано, что checkpoint-ген *RAD9* участвует в разных типах репарации (Barbour et al., 2006; de la

Torre-Ruiz, Lowndes, 2000; Murakami et all., 2010; Toh et all., 2006). Киназа CDC28/CDK1 функционирует не только на первых этапах активации checkpoint и на завершающих этапах регуляции остановки клеточного деления, но и в репарации двунитевых разрывов ДНК (Ira et all., 2004; Ensernik, Kolodner, 2010; Abreu et all., 2013).

Механизм возникновения митохондриальных мутаций petite до сих пор слабо изучен, рассматривается его сопряженность с процессом репликации мтДНК (Ling et al., 2013). Показано участие checkpoint в контроле функционирования митохондрий, наследования и качества митохондрий. Хотя мтДНК синтезируется на протяжении всего клеточного цикла, ее количество также контролируется (Crider et all., 2012). Киназа Rad53 регулирует копийность мтДНК двумя способами. Первый – регулируя пул нуклеотидов (дНТФ) и активность рибонуклеотидредуктазы (РНР). Низкий уровень активности РНР или низкий уровень дНТФ снижают уровень мтДНК, в то время как высокий уровень дНТФ снижает утрату мтДНК и увеличивает копийность мтДНК (Taylor et all., 2005; Reinhard, Yaffe, 2009; Lebedeva et al., 2007). Второй путь – участие Rad53 в передаче checkpoint-сигнала (Lebedeva et all., 2007).

Полная утрата мтДНК (но не нарушение дыхания) у *rho*^{0}-мутантов приводит к нарушению прохождения G1/S. После высвобождения от ареста в G1 клетки *rho*$^+$ проходят G1/S через 40–60 мин, а S/G2 через 100–120 мин. Однако половина клеток *rho*^{0} не могут пройти G1/S, а остальные клетки *rho*^{0} делятся с низкой скоростью. Они проходят G1/S через 60-100 мин, а S/G2 через 150 мин. Таким образом, утрата мтДНК приводит к нарушению прохождения G1/S. Для этой остановки необходима киназа Rad53.

Предполагается, что утрата мтДНК активирует киназу Rad53, инигибирующую прохождение G1/S. Влияние Rad53 на G1-остановку у мутантов *rho*^{0} не связано с влиянием на пул дНТФ. К субстратам Rad53 относится геликаза Pif1, которая фосфорилируется киназой Rad53 у rho^0-мутантов. Геликаза Pif1 функционирует как в ядре, так и в митохондриях (Bochman et all., 2010). Ядерная форма Pif1 участвует в формировании и удлинении теломер, репликации рекомбинантных молекул ДНК, синтезе фрагментов Оказаки, предотвращении реорганизации хромосом и репарации днДНК. Ядерный пул Pif1 подвергается фосфорилированию при активации Rad53 повреждениями ДНК (*Makovets, Blackburn, 2009*).

Митохондриальный пул Pif1 локализован в митохондриальных нуклеоидах и необходим для поддержания мтДНК. Нуклеоид является единицей наследования мтДНК и представляет собой нуклеопротеиновый комплекс, расположенный в матриксе и взаимодействующий с внешней и внутренней митохондриальными мембранами. Для равномерного распределения митохондрий необходима правильная сборка комплекса, состоящего из белков внешней, внутренней мембран и нуклеоида. Прикрепление нуклеоида к мембране митохондрий обеспечивает наследование мтДНК при сегрегации митохондрий. Хотя все нуклеоиды содержат мтДНК и белок упаковки Abf2, только активно реплицирующиеся нуклеоиды содержат белок Mgm101, опосредующий рекомбинацию ДНК и существенный для поддержания мтДНК (Meeusen, Nunnari, 2003). Этот белок гомологичен консервативным белкам рекомбинации, необходим для рекомбинации повторов ДНК и для репарации окислительных повреждений мтДНК (Meeusen, Nunnari, 2003; Chen et al., 1993; Mbantenkhu et al., 2011). В нуклеоид входят ферменты транскрипции, репликации, репарации и рекомбинации.

У клеток *rho*$^-$, имеющих нуклеоиды, не наблюдается checkpoint-остановка. У клеток *rho*^{0} нет нуклеоидов, и Rad53 каким-то образом это определяет. Скрининг генома показал генетическое взаимодействие гена *RAD53* и генов репарации ДНК, таких как *RAD6* и *RAD27*, с генами поддержания мтДНК, включая *MMM1*, *MMM2*, *MDM10*, *MDM12*, *MDM32* (Pan et al., 2006). Выявлено влияние CDK1 на сегрегацию митохондрий и рекомбинацию мтДНК (Колтовая *и др., 1998*). Механизм участия киназы CDC28 и ацетилазы SAGA в репликации и checkpoint-контроле мтДНК не известен.

Вопрос о влиянии киназы CDC28 на структуру хроматина также нуждается в тщательном изучении. Хроматин модицифирующие комплексы можно подразделить на две группы: гистон-модифицирующие ферменты и АТФ-зависимые хроматин ремодулирующие комплексы. Эти комплексы важны для всех процессов, в которые вовлечена молекула ДНК, такие как репликация, транскрипция, репарация. Хорошо известно, что субстратом киназы CDK1 является линкерный гистон H1. Появляются данные, указывающие, что линкерный гистон H1 участвует в регуляции транскрипции (Yu et all., 2009), HR-репарации (Downs et al., 2003), в регуляции структуры хроматина высокого порядка (Georgieva et all., 2012). Линкерный гистон взаимодействует с коровым гистоном H4 (Yu et al., 2009) и компонентом Arp4 трех АТФ-зависимых ремоделирующих хроматин комплексов INO80, SWR1, NuA4 (Georgieva et all., 2015).

С другой стороны, к субстратам киназы относятся субъединицы ремодулирующих комплексов. Показано, что субстратом CDC28 является белок Fun30, входящий в семейство Snf2 АТФ-зависимых комплексов ремодулинга хроматина, который отвечает за сайленсинг рДНК в ядре (Neves-Costa et al., 2009; Award et al., 2010). Негативный регулятор Sip2 киназы Snf1 (субъединица комплекса SWI/SNF) также является субстратом CDC28 (Ubersax et all., 2003).

Известно, что предшествующее фосфорилирование белка может облегчать последующую химическую модификацию. Так фосфорилирование H3 по Ser10 киназой Snf1 облегчает дальнейшее ацетилирование Lys14 ацетилазой Gcn5 (комплекс ремоделинга SAGA) (Lo et all., 2001; Clements et all., 2003). Выявлено генетическое взаимодействие между генами *CDC28* и *HFI1* (компонент комплекса SAGA), двойная мутация *cdc28-srm hfi1-srm* дает синтетическую леталь (Koltovaya et al., 2003). Кроме того, субстратами киназы CDC28 являются белки Ngg1 (SAGA) и Spt16 (Ubersax et al.,

2003). Spt16 связывается с HAT-комплексом NuA3 и является транскрипционным фактором элонгации (John et all., 2000).

Интересные данные были получены по комплексу SAGA, участвующего не только в транскрипции, но и NER (Ferreiro et all., 2006). Каталитическая субъединица Gcn5 осуществляет ацетилирование гистонов (H2B, H3 и косвенно H4) и ремодулирующего хроматин фактора RSC. Фактор RSC ацетилируется ацетилазой Gcn5 по K25-Rsc4 и предпочтительно связывается с ацетилированными гистонами (Charles et all., 2011). Ацетилирование фактора является важным для устойчивости клеток к повреждениям ДНК и к репликативному стрессу.

Таким образом, выдвинутое нами предположение блестяще подтверждается. Однако эпигенетический вклад указанных генов все еще недостаточно изучен. Отметим, что полученная нами коллекция мутаций, среди которых не все картированы, представляет собой резервуар для выделения новых генов, участвующих в эпигенетическом контроле стабильности генома, в том числе в репарации повреждений ДНК.

Дальнейшее изучение этих мутаций несомненно является актуальным и перспективным. Результаты исследований, начатых под руководством Александра Борисовича Девина, заслуживают широкого международного признания.

Список литературы

1. Devin AB, Koltovaya NA. Nuclear mutants of yeast with reduced spontaneous mutability of the mitochondrial genome. Mutation Res. 1981; 91: 451-55.
2. Девин АБ, Колтовая НА, Гаврилов БВ, Арман ИП. Получение и характеристика новых ядерных генных мутаций srm, вызывающих координирвоанные изменения поддержания ядерных и митохондриальных генетических структур у дрожжей сахаромицетов. Генетика. 1994; 30: 1194-201.
3. Devin AB, Koltovaya NA, Cheryomukhina NI. The disomy for chromosome IV and the spontaneous rho$^-$ mutability in Saccharomyces cerevisiae. Curr Genet. 1987; 11: 407-10.
4. Devin AB, Prosvirova TYu, Peshkonov VT, Triotskaya EN, Arman IP. The Start gene CDC28 and the genetic stability. Yeast 1990; 6: 231-43.
5. Koltovaya NA, Guerasimova AS, Tchekhouta IA, Devin AB. NET1 and HFI1 genes of yeast mediate both chromosome maintenance and mitochondrial rho$^-$ mutagenesis. Yeast 2003; 20: 955-71.
6. Колтовая НА. Регуляция клеточного цикла циклин-зависимой киназой CDK1/CDC28. Генетика 2013; 49: 797-813.
7. Koltovaya NA, Arman IP, Devin AB. Mutations of the CDC28 gene and the radiation sensitivity of Saccharomyces cerevisiae. Yeast 1998; 14: 133-46.
8. Колтовая НА, Карвига ТД, Любимова КА, Майорова ЕС, Арман ИП, Девин АБ. Радиочувствительность дрожжей-сахаромицетов и гены SRM: эффекты мутаций srm1 и srm5. Генетика 1998; 34: 610-624.
9. Кадышевская ЕЮ, Колтовая НА. Участие SRM5/CDC28, SRM8/NET1, и SRM12/HFI1 генов в чекпойнт контроле у дрожжей Saccharomyces cerevisiae. Генетика 2009; 45: 458-70.
10 Колтовая НА. Активация репарации и чекпойнт-контроля двунитевыми разрывами ДНК. Каскад активационного фосфорилирования белков. Генетика 2009; 45: 5-21.
11. Колтовая НА, Никулушкина ЮВ, Кадышевская ЕЮ, Рощина МП, Девин АБ. Взаимодействие чекпойнт-генов RAD9, RAD17, RAD24, RA53 с генами SRM5/CDC28, SRM8/NET1 и SRM12/ HFI1 в определении чувствительности дрожжей Saccharomyces cerevisiae к действию ионизирующей радиации. Генетика 2008a; 44: 1045-55.
12. Колтовая НА, Никулушкина ЮВ, Рощина МП, Девин АБ. Взаимодействие чекпойнт-генов RAD9, RAD17, RAD2 и RAD53 в определении чувствительности дрожжей Saccharomyces cerevisiae к действию ионизирующей радиации. Генетика 2008; 44: 761-70.
13 Barbour L, Ball LG, Zhang K, Xiao W. DNA damage checkpoints are involved in postreplication repair. Genetics 2006; 174: 1789-1800.
14 De la Torre-Ruiz M, Lowndes NF. The Saccharomyces cerevisiae DNA damage checkpoint is required for efficient repair of double strand breaks by non-homologies end joining. FEBS Lett 2000; 467: 311-15.
15. Murakami-Sekimata A, Huang D, Piening BD et all. The Saccharomyces cerevisiae RAD9, RAD17 and RAD24 genes are required for suppression of mutagenic post-replicative repair during chronic DNA damage. DNA Repair (Amst). 2010; 9(7): 824-34.
16. Toh GW, O'Shaughnessy AM, Jimeno S et all. Histone H2A phosphorylation and H3 methylation are required for a novel Rad9 DSB repair function following checkpoint activation. DNA Repair (Amst). 2006; 5: 693-703.
17. Ira G, Pellicioli A, Balijja A et all. DNA end resection, homologous recombination and DNA damage checkpoint activation require CDK1. Nature 2004;431: 1011-17.
18. Ensernik JM, Kolodner RD. An overview of Cdk1-controlled targets and processes. Cell Div. 2010; 5: 11.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОГРАММ ПОЛОВОГО РАЗВИТИЯ У ГРИБОВ: ОТ БИПОЛЯРНОГО ГЕТЕРОТАЛЛИЗМА К ТЕТРАПОЛЯРНОМУ И ПСЕВДОГОМОТАЛЛИЗМУ

Шнырева А.А., Шнырева А.В.
Кафедра микологии и альгологии МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

У грибов генетические программы половых взаимоотношений между партнерами контролируются локусами половой совместимости, или *mat*-локусами. Определение пола связано с функционированием *mat*-локусов и осуществляется двумя основными механизмам: во-первых, через экспрессию специфических факторов – феромонов и их рецепторов, которые различны у разных типов спаривания (полов); во-вторых, через универсальный контроль транскрипции генов, сходных для обоих полов. Основные компоненты *mat*-локусов имеются и у аскомицетов, и у базидиомицетов, хотя механизмы, посредством которых *mat*-компоненты взаимодействуют, различаются у грибов из разных таксономических групп. Вероятно, в ходе эволюции генетической детерминации пола у грибов существенное влияние на становление системы половой совместимости оказывали образ жизни грибов (паразитизм или сапротрофность) и наличие сложных морфогенетических процессов, связанных с плодообразованием.

Биполярная система половой совместимости по праву считается наиболее эволюционно древней. Наиболее хорошо она изучена у модельного объекта *Saccharomyces cerevisiae* (аксомицетные дрожжи) и представлена одним локусом. Первой предложенной моделью структурной организации и взаимодействия феромона и его рецептора по праву считают модель взаимодействия феромона MFa (a-фактор) и его рецептора STE3 *S. cerevisiae*.

Рецепторы феромонов относятся к обширному классу семиспиральных трансмембранных рецепторов (серпентинов), имеющих 7 трансмембранных доменов, расположенных в цитоплазматичнской мембране. Активация рецепторов данного класса сопряжена с G-белком [1]. Данные рецепторы участвуют в распознавании сигналов из окружающей среды и передаче их внутрь клетки. Грибы используют рецепторы феромонов для распознавания коротких липопротеидных лигандов-феромонов от аллельных партнеров. Феромоны представляют собой короткие липопротеиды (9–14 а.к.), возникающие в результате посттрансляционного процессинга предшественников протяженностью в 40–100 а.к. и последующей модификации белковых молекул по специфичным мотивам на N- и C-концах [2].

Для большинства базидиальных грибов характерна тетраполярная система половой совместимости. Тетраполярная система контроля половой совместимости была хорошо изучена на классическом модельном объекте – *Coprinopsis cinerea* [1]. Тетраполярная система основывается на двух несцепленных локусах (*A* и *B*), которые контролируют шаги развития фертильного дикариона; каждый локус представлен множественными аллелями. Локусы *matA* и *matB* отличаются по структуре и обладают разными регуляторными функциями. Так, в момент слияния двух взаимосовместимых монокариотических мицелиев гены локуса *matB* регулируют процесс миграции ядер из одного партнера в другой. Когда два гаплоидных ядра, гетероаллельных по обоим *mat* локусам, оказываются в апикальной клетке гифы, свою роль начинает выполнять *matA* локус, контролируя дальнейшее поведение двух ядер дикариона – синхронность деления ядер с последующей миграцией одного из них в дочернюю клетку для восстановления дикариона. Из исследований, проведенных на модельных объектах, известно, что локус *matA* кодирует два типа гомеодоменных транскрипционных факторов (HD1 и HD2), а локус *matB* кодирует гены феромонов и рецепторов феромонов [3].

Наиболее хорошо изученным является *matB* локус в силу того, что закодированные в нем гены обладают более консервативной структурой. Так, на примере модельного объекта *C. cinerea* была показана структура *matB* локуса, характерная для большинства базидиальных грибов, формирующих плодовые тела [1].

Локус *matB* у базидиальных грибов, как правило, состоит из нескольких сублокусов (кассет), включающих гены феромонов и рецепторов феромонов. Половая совместимость (слияние) двух гаплоидных монокариотических клеток возможна только в том случае, если гаплоидные партнеры имеют разные аллели хотя бы в одной из кассет. Локус *matB* у *C. cinerea* состоит из трех сублокусов (кассет), каждый из которых включает один ген, кодирующий рецептор феромона, и два гена, кодирующих непосредственно феромоны.

На примере *C. cinerea* было показано, что феромоны могут активировать только рецептор гаплоидного партнера в пределах одной и той же кассеты, при этом взаимодействие происходит по принципу «ключ-замок» [1]. Функциональная целостность кассет поддерживается за счет уникальных межгенных фланкирующих последовательностей в пределах *matB* локуса. Такие последовательности индивидуальны для каждого аллеля.

Низкая гомология фланкирующих межгенных областей снижает вероятность рекомбинационных процессов между сублокусами, тем самым поддерживая их целостность и относительный консерватизм. Высокая степень консервативности наблюдается в свою очередь в последовательностях генов, кодирующих рецепторы феромонов. В виду наличия протяженных областей гомологии у генов рецепторов феромонов и редких внутригенных рекомбинаций значительно облегчается задача исследования структуры *matB* локуса, а также его генного окружения. Многие ученые находят параллели в структуре и функционировании *matB* локуса базидиальных грибов со структурной организацией половых хромосом животных.

Известно, что гены локуса *matA*, в отличие от *matB*, очень вариабельны по нуклеотидным последовательностям, вследствие чего их изучение затруднено. Гомологии прослеживаются исключительно на уровне аминокислотных последовательностей. Как правило, локус *matA* состоит из двух сцепленных сублокусов, или кассет, – Aα и Aβ [2]. Локус matA был наиболее детально изучен на модельном объекте *Coprinopsis cinerea*. У данного представителя базидиальных грибов matA локус состоит из трех пар генов – a (кассета Aα), b и d (кассета Aβ); каждая пара генов (кассета) кодирует два типа гомеодоменных транскрипционных факторов (HD1 и HD2). Однако среди изученных грибов пока еще не был обнаружен аллель matA локуса с полным набором всех трех пар генов. Как правило, внутри кассет часто встречаются делеции одного из генов - hd1 или hd2. Как полагают, за счет подобной высокой структурной вариабельности достигается большее разнообразие аллелей matA локуса в природе. Белки HD1 и HD2 гомологичны гомеодоменным белкам *Matα2* и *Mata*1, являющимися основными регуляторными единицами однолокусной системы контроля полового размножения у дрожжей *S. cerevisiae*.

Гораздо реже у базидиальных грибов встречается биполярная (однофакторная, или однолокусная) система половой совместимости. Есть мнение, что биполярная система могла произойти от тетраполярной (двуфакторной) системы посредством слияния *matA* и *matB* локусов в единую область с запретом рекомбинационных процессов. В результате протяженная хромосомная область наследуется как единый *mat* локус. Подобные эволюционные события можно наблюдать, например, у патогенных грибов человека *Cryptococcus neoformans* и злаков *Ustilago hordei*, в геномах которых произошло слияние *matA* и *matB* локусов в единый кластер с частичной делецией некоторых участков локусов, что привело к относительному упрощению их структурной организации.

Однако общепринятым считается мнение о том, что общий предшественник базидиальных грибов характеризовался биполярной системой половой совместимости, в геноме которого два *mat* локуса располагались на одной хромосоме; однако, пока не ясно, были ли локусы сцеплены. В качестве возможной структурной организации *mat*-локусов общего предшественника авторы предлагают структуру локусов у псевдобиполярного базидиомицета *Sporidiobolus salmonicolor*, коротый относится к наиболее эволюционно ранней группе базидиомицетов – подотделу Pucciniomycotina (класс Microbotryomycetes). Согласно [4], представители пукциниевых грибов *Pucciniomycotina* отделились от двух других подотделов базидиальных грибов – *Ustilaginomycotina* и *Agaricomycotina* – еще до возникновения и закрепелния в ходе эволюции тетраполярной системы половой совместимости. Локусы *matA* и *matB* у гриба *S. salmonicolor* находятся на одной хромосоме на большом расстоянии друг от друга и частично сцеплены; рекомбинация на участке между ними частично супрессирована [4].

Полагают, что общий предок подотделов *Ustilaginomycotina* и *Agaricomycotina* получил классическую тетраполярную систему половой совместимости за счет хромосомной аберрации (транслокации), в результате которой два *mat*-локуса оказались на разных хромосомах. У видов же *U. hordei* и *C. neoformans* произошла вторичная транслокация одного из *mat* локусов, что привело к возвращению к биполярности. У некоторых изученных представителей подотдела ржавчинных грибов *Pucciniomycotina* (*S. salmonicolor*, *Microbotryum violaceum*) оба *mat* локуса располагаются на одной хромосоме на расстоянии более 10^6 п. н., при этом рекомбинация между локусами супрессирована (подавлена) [4].

Проведенный авторами детальный анализ *in silico* структурной организации *mat*A локуса половой совместимости у базидиального гриба *Pleurotus ostreatus* показал чрезвычайно вариабельную структуру и различия в компонентном составе генов гомеодоменных белков в пределах локуса (Shnyreva *et al*., 2013). Результаты анализа будут обсуждены в докладе.

Список литературы

1. Casselton L.A., Kues U. The origin of multiple mating types in model mushrooms *Coprinopsis cinerea* and *Schizophyllum commune*. Sex in Fungi. Ed. J Heitman, J Kronstad, J Taylor, L Casselton. Washington DC, USA: ASM. 2007: 142-47.
2. Raudaskoski M, Kothe E. Basidiomycete mating type genes and pheromone signaling. Eukaryot. Cell. 2010; 9: 847-59.
3. Kües U, James TY, Heitman J. Mating type in Basidiomycetes: unipolar, bipolar and tetrapolar patterns of sexuality. In: The Mycota XIV. Kempken F. (Ed.), Springer. 2011: 97-150.
4. Coelho MA, Sampaio JP, Gonçalves P. A deviation from the bipolar-tetrapolar mating paradigm in an early-diverged basidiomycete. PLoS Genet. 2010; 6(8): e1001052. doi: 10.1371/journal.pgen.1001052.
5. Shnyreva AA., Shnyreva AV, Kues U. The *matA* mating type locus of *Pleurotus ostreatus*. Proceedings of the 7th International Medicinal Mushroom Conference. Beijing. China. 2013: 729-39.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ИНДИКАЦИЯ ГРИБОВ РОДОВ *ASPERGILLUS И ASCOSPHAERA*

Шуралев Э.А.[1,2], Мукминов М.Н.[1,2], Ндайишимийе Э.В.[1], Хаммадов Н.И.[2], Осянин К.А.[2], Петрова Е.А.[2], Фаизов Т.Х.[2]

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет
[2]ФЦ токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань

Широкая номенклатура грибов рода Aspergillus, ведущее место по числу таксонов, распространению и биологической активности среди представителей класса Deuteromycetes, во многом обуславливают актуальность вопроса индикации аспергиллеза. Большинство их являются фитопатогенными, а токсигенные свойства проявляются в организме как человека, так и разных видов животных, микроорганизмов, насекомых, в том числе пчел [1]. Наиболее часто в Российской Федерации и других странах причиной заболеваний пчел являются такие возбудители этого рода, как *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. flavus и другие. Наряду с* грибами рода *Aspergillus* немаловажное значение в патологии пчел имеет и другой род – *Ascosphaera*, который представлен только одним специфичным для пчел видом *A. apis*. Дифференциация возбудителей этих основных микозов пчел на ранних стадиях позволит своевременно предпринять меры по подавлению их распространения, сохранению пчелосемей и получению безопасной для человека продукции пчеловодства [2, 3].

Пчелы заражаются аспергиллезом в основном при употреблении нектара и пыльцы, где содержатся споры гриба. Ткани расплода и взрослых пчел разрушаются в результате патогенного действия токсинов, выделяемых грибами. Аскосфероз проявляется в основном в сырую холодную погоду. Личинки покрываются плесенью, приобретают желтый цвет. Взрослые пчелы не болеют, но могут являться носителями гриба *A. apis*.

Недостаток оперативных способов индикации и идентификации возбудителей данных микозов [4] направило вектор наших исследований на создание ПЦР тест-системы для дифференциальной диагностики аспергиллеза и аскосфероза. Классическая лабораторная диагностика микозов пчел основывается на микологических исследованиях с оценкой культурально-морфологических свойств выделяемых культур грибов. Недостаток заключается в том, что метод является длительным по времени и не всегда позволяет провести точную идентификацию выросшей культуры [4, 5].

Нами разработана дифференциальная диагностика аспергиллёза и аскосфероза пчел на основе молекулярно-генетических подходов. Разработанная нами тест-система основана на использовании специфических нуклеотидных последовательностей геномов биопатогенов пчел. Это позволяет использовать ее для ранней индикации и идентификации возбудителей аспергиллёза и аскосфероза в биотических (пчелы, личинки), биогенных (продукты пчеловодства) объектах, и компонентах окружающей среды (растения, инвентарь и т.п.).

Ранее проведенный биоинформационный анализ нуклеотидных последовательностей участков ДНК грибов рода *Ascosphaera – A. apis* и рода *Aspergillus – A.flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger* позволил сконструировать оптимальные праймеры и зонды с целью дальнейшего их использования в разработке ПЦР тест-системы для дифференциальной индикации возбудителей аскосфероза и аспергиллеза пчел. Была определена их высокая специфичность и чувствительность в отношении различных штаммов биопатогенов микозов пчел.

Набор тест-системы для дифференциальной индикации микозов. Разработанный нами набор реагентов для проведения ПЦР включает комплект для выделения ДНК из исследуемого материала; комплект для ПЦР-амплификации ДНК в режиме реального времени; комплект контрольных образцов. Комплект для выделения ДНК из исследуемого материала состоит из лизирующего раствора, сорбента, растворов для отмывки, элюирующего раствора. В комплект для ПЦР-амплификации ДНК входят: ПЦР-смесь1 ASP (общие компоненты с праймерами и зондом, специфичными роду *Aspergillus*), ПЦР-смесь2 ASC (общие компоненты с праймерами и зондом, специфичными роду *Ascosphaera*). Комплект контрольных образцов состоит из положительного контроля 1 – ДНК рода *Aspergillus*, положительного контроля 2 – ДНК рода *Ascosphaera*, отрицательного контроля. Комплекты реагентов для проведения ПЦР могут храниться в холодильнике или транспортироваться при температуре +2 – 8 °С не более 5 сут. Используемые компоненты реагентов для изготовления ПЦР-смеси и комплекты контрольных образцов хранятся в морозильной камере при температуре –20 °С, а срок их годности составляет 12 мес с даты изготовления.

Отбор материала для исследования. Материалы из ульев (пчелы и личинки) и продукты пчеловодства отбирают отдельными инструментами. Материалы, которые могут быть подвергнуты анализу: образцы пчёл – 10-50 шт с одного улья,образцы личинок – 10–50 шт с одного улья, мёд – 5–50 мл, другие продукты пчеловодства – 10-50 г, вода (питьевая, сточная, из водоёмов) – 20–100 мл, почва – 10–50 г, соскобы с инвентаря – 0,1–10 г. Биологический материал доставляется в лабораторию в чистой посуде в течение суток. Допускается хранение вышеперечисленного материала до проведения исследования в течение суток в холодильнике при температуре +2 – 8°С и длительно в морозильной камере при температуре –20°С. Допускается однократное замораживание-оттаивание материала. Подготовка исследуемого материала. Для подготовки

исследуемого материала используют разные инструменты: пестики, стерильные ступки, пинцеты, ножницы, скальпели, пипеточные дозаторы разных объёмов, наконечники с аэрозольным барьером и полипропиленовые пробирки объёмом от 1,6 до 10,0 мл. Воду центрифугируют 15–20 мин на центрифуге при 10000 об/мин, верхнюю фракцию удаляют, оставив в пробирке 50 мкл. Мед, продукты пчеловодства, образцы пчел и личинок, почву, соскобы с инвентаря тщательно растирают в гомогенизаторах

или с использованием стерильных фарфоровых ступок и пестиков, добавляя стерильный физиологический раствор (из расчета примерно 1:1), и тщательно перемешивают. 500 мкл полученной суспензии переносят в стерильные пластиковые пробирки объемом 1,5 мл. Пробирки центрифугируют при 13000 об/мин в течение 10 мин. Удаляют надосадочную жидкость, оставив в пробирке примерно 50 мкл (осадок + жидкая фракция). Полученный материал готов для выделения ДНК.

Методика проведения дифференциальной индикации микозов пчел**.** Работая в режим реального времени, проведение ПЦР включает следующие основные этапы: выделение ДНК, амплификация и детекция с учетом результатов. Из исследуемого материала, которым служат образцы пчел, личинок, мёд, другие продукты пчеловодства, пробы компонентов окружающей среды, выделяют ДНК. Твердофазная сорбция заключается в следующем: лизис исследуемого материала, в качестве детергента используется насыщенный раствор гуанидина тиоционата; сорбция ДНК на сорбенте; неоднократные отмывки; элюция ДНК в элюирующий буфер. Амплификация полученного специфического участка ДНК возбудителей аспергиллёза и аскосфероза происходит в программируемом амплификаторе, в котором после активации фермента происходит многократное повторении циклов денатурации и отжига олигонуклеотидов (праймеры и зонды). Во время начала нового (очередного) цикла (нагрев с 60 до 94°С) с помощью фермента Taq-полимеразы происходит синтез комплементарных цепей ДНК и в режиме реального времени автоматически детектируются результаты ПЦР посредством измерения флуоресценции соответствующей реакционной смеси.

Регистрация результатов амплификации с использованием детектирующего амплификатора проводится автоматически во время амплификации. Учет и интерпретация результатов реакции осуществляется с помощью программного обеспечения, поставляемого с ПЦР-детектором или детектирующим амплификатором. В образцах, содержащих ДНК рода Aspergillus и/или ДНК *Ascosphaera* программа фиксирует положительный результат для *Aspergillus* и/или *Ascosphaera* соответственно. При учёте результатов с помощью ПЦР-детектора программа фиксирует сомнительный результат в случае, если значение для специфики (наличие ДНК рода *Aspergillus* и/или ДНК *Ascosphaera*) попадает в зону неопределенности результатов. В этом случае необходимо повторить исследование данного образца.

Аналитические характеристики разработанной методики. Чувствительность разработанной тест-системы при исследовании проб объектов окружающей среды, биологического материала и чистых культур *A.flavus*, *A.fumigatus*, *A.niger* и *A.apis* составляет 1×10^2 м.к./мл. Специфичность проверялась на изолятах и штаммах грибов как этих родов, так и других (*Basipetospora, Emericella, Neosartorya, Arachnomycetaceae* и *Trichophyton*), а также ДНК человека и пчелы. Неспецифических реакций (ложноположительных результатов) при тестировании не выявлено.

Заключение. Таким образом, созданная ПЦР тест-система может быть внедрена в ветеринарную практику для ранней диагностики основных микозов пчел, а также мониторинга их возбудителей в окружающей среде, в том числе в объектах пчеловодства, а дифференциальная идентификация возбудителей аспергиллеза и аскосфероза позволит провести своевременные мероприятия по подавлению распространения заболеваний с использованием соответствующих антимикотических средств.

Список литературы

1. Мукминов М.Н., Вакилова Д.Г. Потенциальная патогенность штаммов грибов рода Aspergillus для медоносных пчел. Иммунопатол., аллергол, инфектол. 2010; 1: 119-20.
2. Смирнов А.М., Клочко Р.Т., Луганский С.Н. Ветеринарно-санитарные мероприятия на пасеках. Ветеринария. 2000; 8: 3-6.
3. Клочко Р.Т., Луганский С.Н. Болезни пчел: проблемы и решения. Пчеловодство. 2011; 9: 28-31.
4. Дьяков Ю.Т, Шнырева А.В., Сергеев А.Ю. Введение в генетику грибов. М.: Academia. 2005.
5. Jensen AB, Aronstein K, Flores JM, Vojvodic S, Palacio M, Spivak M. Standard methods for fungal brood disease research. J Apic Res. 2013; 52(1): doi: 10.3896/IBRA.1.52.1.13.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РАЗНЫХ ПОДХОДОВ В МАКРОСИСТЕМАТИКЕ И МИКРОСИСТЕМАТИКЕ ГРИБОВ И МИКРООРГАНИЗМОВ

Татаренко Д.Е.
Центральный НИИ туберкулеза, Москва

Вопросы систематики и эволюционные взаимоотношения живых организмов до сих пор считаются наиболее актуальными проблемами теоретической биологии. Критерии таксонов и ранги биологических групп, как и критерии вида среди эукариот и прокариот получили новое содержание вследствие быстрого развития современных молекулярно-генетических, математических, кладистических и др. подходов и концепций, дополнивших классическую биологию.

Достигнутые в этой области успехи в значительной степени коснулись микро- и макросистематики бактерий и микромицетов. Сильно технологически обновлённые методы, в том числе, совместно используемые биохимический, генетический, цитологический, физиологический, морфологический и некоторые другие критерии привели к построению целого ряда более сложных систем органического мира, учитывающих существование 3-х доминионов и около 20 царств прокариотических и эукариотических организмов [1, 2, 3, 5, 6].

Но они же продемонстрировали и наличие объективной «стохастичности», неопределённости, которая присуща самим границам макротаксонов и постепенное нелинейное изменение плотности вероятности в пространстве разных признаков, как это было ранее больше известно для групп видового и подвидового уровня. К давней проблеме «неравноценности» биологических групп одного ранга «по горизонтали и вертикали», добавились другие [7, 8].

В целом, нужно признать, что все наиболее глубоко разработанные и имеющиеся на данный момент количественные методики и программы нумирической таксономии и филогении, генетического и кладистического анализа, как и разнообразные статистические подходы, имеют свои собственные ограничения. Даже при наиболее полном и системном их использовании по разным причинам они не всегда приводят к 100%-му и однозначному определению вида или таксона др. ранга, когда учёными-систематиками в силу объективных условий процесса исследования так или иначе, но приходится делать акцент на различные биологические характеристики живых организмов.

Хотя, для большого числа рецентных групп живых существ (в том числе ранга классов, типов и отделов) по мнению многих авторов, новейшие взгляды на систему лучше и точнее отражают те сложные эволюционные и таксономические связи, которые сформировались между прокариотами и эукариотами на протяжении их длительной геохронологической и экологической истории. До сих пор несовпадение структуры в имеющихся иерархических классификациях возникает из-за ретикулярной эволюции и гетеробатмии признаков. Кроме того, неравномерность скоростей эволюции показана и для разных структурных генов и регуляторных последовательностей ДНК, что, к сожалению далеко не всегда учитывается молекулярными биологами, изредка делающими свои выводы почти только на основе данных сравнения нуклеотидных последовательностей нескольких (или даже одного) цистронов.

Многие информационно-биологические характеристики нуклеиновых кислот весьма мозаично проявляются у существующих миллиарды лет архаичных групп микроорганизмов и грибов. Причём и генетические, и фенетические особенности ряда персистирущих таксонов нередко у них сочетаются с вероятностью быстрого, в том числе квантового видообразования. Последний феномен, как и явления рекомбинаций разного типа, горизонтального переноса генов, гибридизации и симбиогенеза, способны создавать большие возможности для появления широкого спектра экологических адаптаций у самых разных жизненных форм микро- и макроорганизмов. Это может происходить буквально в течение нескольких генераций или жизненных циклов и также служит источником очень непростых номенклатурных проблем. В целом, вся биологическая номенклатура, конечно, стремится выполнять прогностическую функцию и поддерживать наработанную целесообразность уже существующих таксономических систем. Но при включении новых данных и признаков её развитие тоже неизбежно.

А в дальнейшем на каком-то этапе появляется необходимость в ревизии и пересмотре классификации больших и малых «операциональных таксономическх единиц». «В будущем придётся перегруппировать высшие таксоны, с тем чтобы отразить более цельную концепцию» [9]. Так, по мнению ряда специалистов [2], обосновано выделение отдельного царства Actinobacteriobiontes, включающего три типа форм прокариот, в которых насчитывается всего несколько таксонов родового ранга: Mycobacteriophiles (объединяет *Mycobacterium* и *Mycococcus*), а также наиболее близкие к ним Corynebacteriophiles и Actinomycetophyles. Вероятнее всего, что дальнейшее углублённое исследование ά-биоразнообразия одноклеточных и многоклеточных существ, в том числе бактерий, грибов и грибоподобных организмов, как и разных групп одноклеточных эукариот, принесёт максимальное число открытий в области систематики и экологии живых существ.

Список литературы

1. Кусакин О.Г., Дроздов А.Л. Филема органического мира. Ч. 1. Пролегомены к построению филемы. СПб: Наука. 1994: 282 с.

2. Кусакин О.Г., Дроздов А.Л. 1998. Филема органического мира. Ч. 2: Prokaryota, Eukaryota: Microsporobiontes, Archemonadobiontes, Euglenobiontes, Myxobiontes, Rhodobiontes, Alveolates, Heterokontes. СПб. Наука. 1998: 381 с.
3. Woese CR, Kandler O, Wheelis ML. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archae, Bacteria, and Eukarya. Proc Natl Acad Sci USA. 1990; 87: 4576-9.
4. Новое в систематике и номенклатуре грибов. М.: Национальная академия микологии. 2003: 496 с.
5. Cavalievie-Smith T. The neomuran origin of archaebacteria, the negibacterial root of the universal tree and bacterial megaclassification. Int J Syst Evol Microbiol. 2002; 52: 7-76.
6. Starobogatov YaI. The position of flagellated protests in the system of lower Eukaruotes. Cytology. 1995; 37: 1030-5.
7. Заварзин Г.А. Фенотипическая систематика бактерий – пространство логических возможностей. М.: Наука. 1974: 141.
8. Шаталкин А.И. 2012. Таксономия. Основания, принципы и правила. М.: Тов. науч. изд. КМК. С. 600.
9. Краткий определитель бактерий Берги. М.: «Мир». 1980: 496 с.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНОМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СИСТЕМАТИКА GEOMYCES PANNORUM

Василенко О.В.[1], Кочкина Г.А.1, Иванушкина Н.Е.[1], Сутормин Р.А.[3], Пенин А.А.[2], Логачева М.Д.[3], Кондрашов А.С.[4], Озерская С.М.[1]

[1]Институт биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрябина РАН, Пущино

[2]МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва

[3]НИИ Физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского МГУ, Москва

[4]Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, USA

Несмотря на небольшое количество описанных видов, представители рода *Geomyces* (телеоморфа *Pseudogymnoascus*) способны обитать в очень широких диапазонах температур, влажности и окислительно-восстановительного потенциала. Эти грибы обладают высоким адаптивным потенциалом и способны модифицировать свой метаболизм в ответ на сложные абиотические условия, что позволяет им существовать в низкотемпературных экосистемах Арктики и Антарктики [1, 2], в том числе в арктических криопэгах [3]. Экспериментально показано, что представители вида *Geomyces pannorum* обладают психротолерантными свойствами, устойчивы к повышенным концентрациям соли [3] и способны переживать анаэробиоз [4]. Интерес к этой группе грибов в мире огромен, так как грибы этого рода становятся объектом изучения принципов адаптации эукариотов к стрессорам [5]. Важное биотехнологическое значение может иметь поиск ферментов и других полезных веществ, имеющих активность при низкой температуре [6]. Кроме того, будучи кетратинолитиками и адаптируясь к развитию при низких температурах, представители рода Geomyces стали возбудителями болезни летучих мышей «синдром белого носа», эпидемия которой прошла в США и Канаде [7].

Диагноз вида *Geomyces pannorum* всегда основывался на морфологических признаках конидий и способе их образования. Представители этого таксона образуют небольшие, одноклеточные, овальной или грушевидной формы артроспоры на конидиеносцах, собранных в мутовку и отходящих под острыми углами от основной гифы. Эти признаки остаются неизменными и не зависят от температуры культивирования и состава питательных сред. Морфология же колоний чрезвычайно пластична. Многие культурально-морфологические признаки этого рода зависят от условий культивирования. Неясно, можно ли найти фенотипические признаки, позволяющие очертить морфовиды, которые могут быть соотнесены с геновидами.

Использованные в данной работе штаммы были отобраны из разных мест обитания: умеренных климатических зон, многолетнемерзлых отложений (возраст 1,8–3,0 млн лет) и криопэгов (возраст вмещающих слоев 120000 лет) из разных точек Колымской низменности Арктики.

Секвенировали, ассемблировали и аннотировали 14 независимых геномов разных штаммов *G. pannorum*. Ранее выполненный филогеномный анализ вида *G. pannorum* по более чем 7000 кодирующим последовательностям, присутствующим во всех сборках геномов, показал сложную филогенетическую структуру вида. Хотя все геномы показали высокую степень синтении, вид оказался древним клональным облаком с несколькими отчетливыми кладами и большими межгеномными расстояниями, характерными для различных видов. Таким образом, вид *G. pannorum* полифилетичен, по крайней мере 50 млн лет эволюционирует в отсутствии полового размножения и имеет явные признаки горизонтального переноса генов. Причем, кладистика не коррелирует с географическими и геологическими условиями нахождения штаммов.

Для позиционирования *G. pannorum* на древе царства грибов, и более конкретно – среди леотиомицетов, выборка анализируемых таксонов должна быть расширена, поскольку представителей класса леотиомицетов с прочитанными полными геномами ока-

залось недостаточно. Из специальных работ по мультилокусной филогении на уровне этого класса была обнаружена единственная [8], которую пришлось взять за основу на первом этапе. Ограничившись частичными последовательностями большой и малой субъединиц рибосом плюс полной последовательностью 5,8S-субъединицы, мы не обнаружили даже точечных различий у девяти штаммов из 14. При этом у четырех штаммов, напротив, были множественные различия, в то время как отчетливо морфологически и экологически сегрегированный вид *Geomyces destructans* отличался от основного «корового» массива штаммов *G. pannorum* одной точечной заменой в локусе большой субъединицы (D1/D2).

Эта картина вполне соответствует последним исследованиям филогенетического окружения *Geomyces destructans* [9, 10]. Взгляд на филогению на уровне класса обнаруживает тесную связь *Geomyces* с родом *Pseudogymnoascus* и семейством Pseudeurotiaceae, что также соответствует последним данным, полученным в пятилокусном анализе [9]. Однако весьма важно отметить, что степень обособленности клады Geomyces претендует на выделение особого порядка (Geomycetales de nov.) в классе Leotiomycetes.

Доступ: BioProject accession number PRJNA216963 в GenBank.
Поддержка: Гранты МОН №11.G34.31.0008 и 8814, и РФФИ 13-04-02082а

Список литературы

1. Ozerskaya S, Kochkina G, Ivanushkina N, Gilichinsky D. Fungi in permafrost. In: «Permafrost soils». Ed. R. Margesin Springer Verlag, Berlin Heidelberg. 2009: 85-95.
2. Kochkina G, Ivanushkina N, Ozerskaya S et al. Ancient fungi in Antarctic permafrost environments. FEMS Microbiology Ecology. 2012; 82(2): 501-9.
3. Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Акимов В.Н., Гиличинский Д.А., Озерская С.М. Галопсихротолерантные грибы рода Geomyces из криопэгов и морских отложений Арктики. Микробиология. 2007; 76(1): 39-47.
4. Щербакова В.А., Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Лауринавичюс К.С., Озерская С.М., Акименко В.К. Исследование роста грибов Geomyces pannorum в условиях анаэробиоза. Микробиология. 2010; 79(6): 848-51.
5. Конова И.В., Сергеева Я.Э., Галанина Л.А., Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Озерская С.М. Липогенез грибов Geomyces pannorum при воздействии стрессоров. Микробиология. 2009; 78(1): 52-8.
6. Tosi S, Kostadinova N, Krumova E et all. Antioxidant enzyme activity of filamentous fungi isolated from Livingston Island, Maritime Antarctica. Polar biology. 2010: 33: 1227-37.
7. Verant ML, Boyles JG, Waldrep W, Wibbelt G, Blehert DS. Temperature-dependent growth of *Geomyces destructans*, the fungus that causes bat white-nose syndrome. PLoS One. 2012; 7(9): e46280.
8. Wang Z, Johnston PR., Takamatsu S, Spatafora J.W., Hibbett D.S. Toward a phylogenetic classification of the *Leotiomycetes* based on rDNA data. Mycologia. 2006; 98: 1065-75.
9. Minnis AM, Linder DL. Phylogenetic evaluation of *Geomyces* and allies reveals no close relatives of *Pseudogymnoascus destructans*, comb. nov., in bat hibernacula of eastern North America. Fungal Biol. 2013; 117(9): 638-49.
10. Lorch JM, Muller LK, Russell RE, O'Connor M, Lindner DL, Blehert DS. Distribution and environmental persistence of the causative agent of white-nose syndrome, *Geomyces destructans*, in bat hibernacula of the Eastern United States. Appl Environ Microbiol. 2013; 79(4): 1293-301.

Глава 2.
Морфология и физиология грибов

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.02

ГИДРОКСИЛИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ – АУТОРЕГУЛЯТОРЫ РАЗВИТИЯ ГРИБОВ

Белозерская Т.А[1], Бачурина Г.П.[1], Филиппович С.Ю.[1], Гесслер Н.Н.[1], Макарова А.М.[1], Гроза Н.В[2].

[1]Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва

[2]Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, Москва

На универсальном модельном объекте – грибе-аскомицете *N. crassa* проведены исследования биологической активности аналогов природных оксилипинов – 18-гидрокси-(9Z,12Z,15Z)-октадекатриеновой кислоты (18-HOTrE) и 18-гидрокси-(9Z,12Z)-октадекадиеновой кислоты (18-HODE), их роли в процессе дифференцировки гриба, а также в поддержании баланса полового/бесполого воспроизведения, Добавление к культуре18-HODE приводило к увеличению количества протоперитециев в темноте. Их максимальное образование происходило при концентрации 10 мкМ. При действии света 18-HODE также стимулировал формирование протоперитециев в области концентраций 5 – 10 мкМ (рис. 1А).

В отсутствие освещения оксилипин 18-HOTrE (5 мкМ) стимулировал образование протоперитециев дикого типа *N. crassa*, а при повышении концентрации (10 – 50 мкМ) их количество не менялось по сравнению с контролем. Освещение культуры после добавления оксилипина 18-HOTrE приводило к ингибированию образования протоперитециев на 20–30% в зависимости от концентрации соединения (Рис. 1Б). На диком типе *N. crassa* было показано, что под действием 18-HODE (5 мкМ) в темноте не происходило стимуляции конидиогенеза, однако при последующем освещении выявлена значительная стимуляция конидиообразования этим оксилипином. Обработка мицелия 18-HOTrE в темноте не влияла на количество образовавшихся конидий. В условиях освещения действие 18-HOTrE (5, 10 и 20 мкМ) приводило к ингибированию конидиообразования.Стимулируемое светом образование конидий у *N. crassa* опосредовано функционированием фоторецепторного комплекса WCC-гетеродимера, образованного двумя PAS-домен-содержащими полипептидами WC-1 и WC-2, продуктами генов white collar-1 (wc-1) и white collar-2 (wc-2). На мутантном штамме wc-1 с дефектной фоторецепторной частью WCC было
установлено, что как 18-HODE, так и 18-HOTrE, активировали конидиогенез после добавления соответствующего оксилипина в темноте на 54 и 33% соответственно.

Последующее освещение не приводило к увеличению количества конидий. Исследованные оксилипины не оказывали влияние на конидиогенез у мутантного штамма wc-2 (рис. 2 А, см. след. стр.).

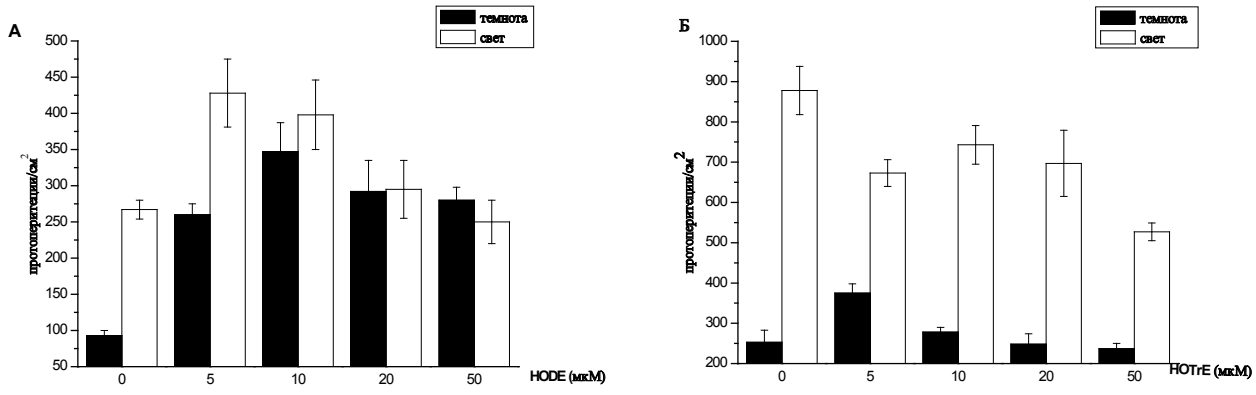


Рисунок 1. Действие 18-гидрокси-(9Z,12Z)-октадекадиеновой кислоты (18-HODE)-А, (5 мкМ) и 18-гидрокси-(9Z,12Z,15Z)-октадекатриеновой кислоты 18-HOTrE- Б на образование протоперитециев у дикого типа *N. crassa.*

Таким образом, полученные результаты показывают, что 18-HODE – производное наиболее характерной для *N. crassa* линолевой кислоты – оказывается более эффективным в ходе дифференцировки у *N. crassa*.

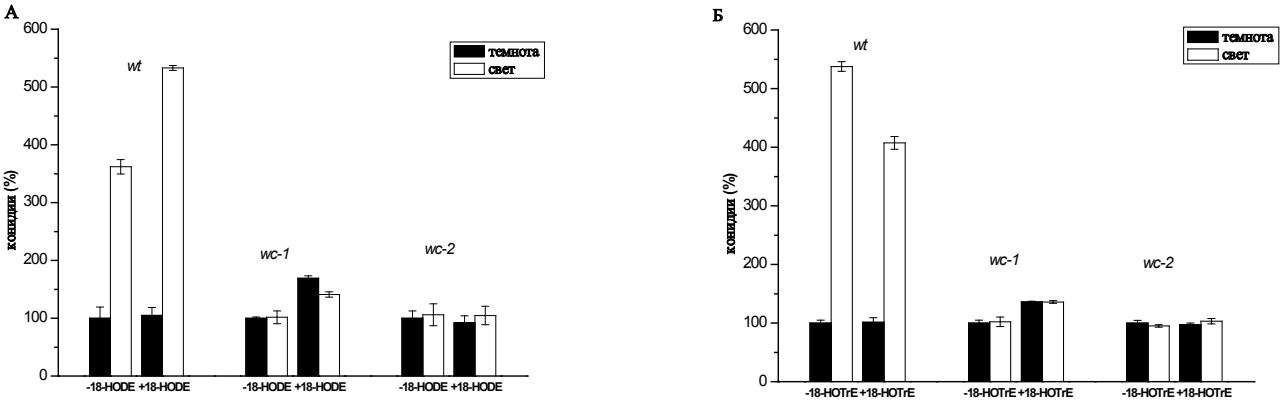


Рисунок 2. Действие 18-гидрокси-(9Z,12Z)-октадекадиеновой кислоты (18-HODE)-А, (5мкМ) и 18-гидрокси-(9Z, 12Z, 15Z)-октадекатриеновой кислоты 18-HOTrE- Б (5 мкМ) на конидиогенез у дикого типа и мутантов *N. crassa* по фоторецепторному комплексу.

МИКОЛИТЫ – КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОСТРУКТУРЫ, ОБНАРУЖЕННЫХ В ГРИБЕ *INONOTUS OBLIQUUS*

Голохваст К.С.[1], Чайка В.В.[1], Серёдкин И.В.[2], Памирский И.Э.[3]
[1]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
[2]Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток
[3]Благовещенский государственный педагогический университет, Благовещенск

Фитолиты – кремниевые микрочастицы, синтезирующиеся внутри растений и достаточно давно изучаются [1-7]. В грибах до сегодняшнего дня не описаны микроструктуры, аналогичные фитолитам растений. Вообще, метаболизм кремния в грибах малоизвестен. При этом в литературе есть сообщения, которые могут помочь разобраться в механизмах биоминерализации у грибов [8,9]. Мы обнаружили и идентифицировали такие структуры в грибе *Inonotus obliquus* и назвали их миколитами. Для исследования мы выбрали вид гриба *I. obliquus*, произрастающий в Приморском крае и относящийся к семейству Hymenochaetales.

Грибы были собраны в Тернейском районе (окрестности Сихотэ-Алинского заповедника и посёлка Терней) и Анучинском районе (окрестности посёлка Терней) Приморского края. Тело гриба тщательно очищалось от древесины, чтобы исключить возможности попадания его в образцы. Все исследованные образцы чаги ($N = 4$) были обнаружены на березе плосколистной (*Betula platyphylla*).

Извлечение фитолитов проводилось по методике Д. Пиперно [2]: тело гриба сжигалось в течение 2 ч в муфельной печи при температуре 450 ºС, затем остужались при комнатной температуре. После этого промывались 10%-ным раствором HCl, затем концентрированной азотной кислотой и дистиллированной водой. Исследования проводились при помощи программно-аппаратного комплекса, включающего специализированный компьютер, микроскоп AxioScope A1 (Zeiss, Германия), сканер и цифровую видеокамеру AxioCam 3. Для статистики морфометрировались по 150 миколитов.

Вещественный анализ миколитов проводили на сканирующем электронном микроскопе S-3400N (Hitachi, Japan) с энергодисперсионным спектрометром Q150T (Thermo Scientific, USA). Напыление образцов для электронного микроскопа производили платиной. Определение морфотипов фитолитов проводили по International Code for Phytolith Nomenclature 1.0 [1].

Результаты исследования. Ареал трутовика скошенного *Inonotus obliquus*, или чаги, охватывает зону смешанных и южную часть зоны хвойных лесов. Фактически чагу можно встретить почти во всех районах Дальнего Востока, в которых произрастают березы разных видов. В тканях гриба имеются красящие вещества, смолы, флавоноиды, тритерпеноиды, инотодоил, агарициновая кислота, незначительное количество алкалоидов [10]. Мы пытались обнаружить схожие с фитолитами образования в теле гриба с помощью методики Д. Пиперно [2]. После сжигания и отмывки кислотой, в образцах чаги были обнаружены аналогичные фитолитам минеральные микрочастицы – миколиты (греч., mycos – гриб и lithos – камень), предположительно кремниевой природы (рис. 1). Было отмечено, что они имеют немного больший размер по сравнению с фитолитами и низкое морфологическое разнообразие – 72% составили фитолиты "irregular ruminate". В значительно меньшем количестве представлены "цилиндры гладкий" (8%) и "гладкий изогнутый" (10%). Единично встречены "параллелепипед утолщенный", "параллелепипед истонченный гладкий с закругленными краями" и "эллипсоид морщинистый".

Морфометрические параметры миколитов у трутовика скошенного приводятся в табл. 1.

Таблица 1. Морфометрия миколитов трутовика скошенного.

Параметры	Количество морфотипов	Площадь, мкм^2	Периметр, мкм	Ширина, мкм	Длина, мкм
Средняя	6	1692,3	234,64	52,99	80,77
Минимум		222,64	60,66	16,27	20,17
Максимум		7213,02	883,61	200,48	306,01

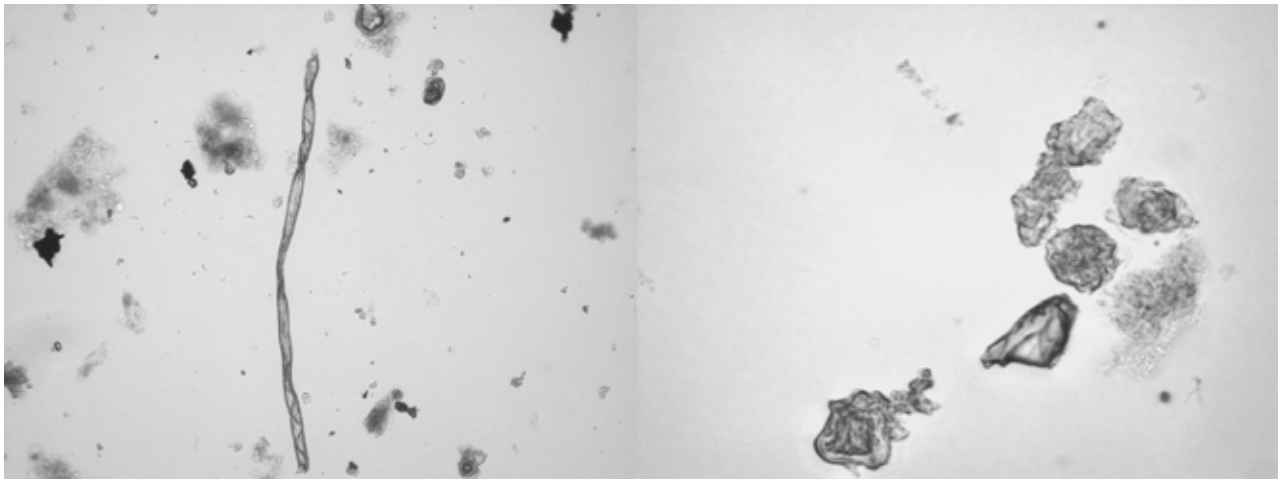


Рисунок 1 (а и б). Основные типы миколитов, обнаруженных в грибе, и их наиболее характерные формы.

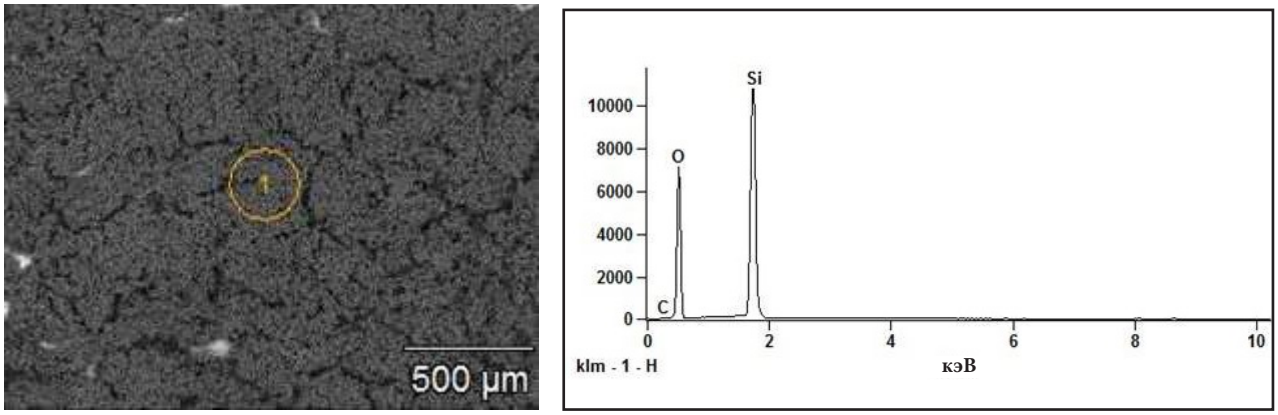


Рисунок 2. Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Измер. отрезок – 500 мкм; (а) Мелкодисперсная масса (SiO_2), из тела гриба *Inonotus obliquus*; (б) спектр области.

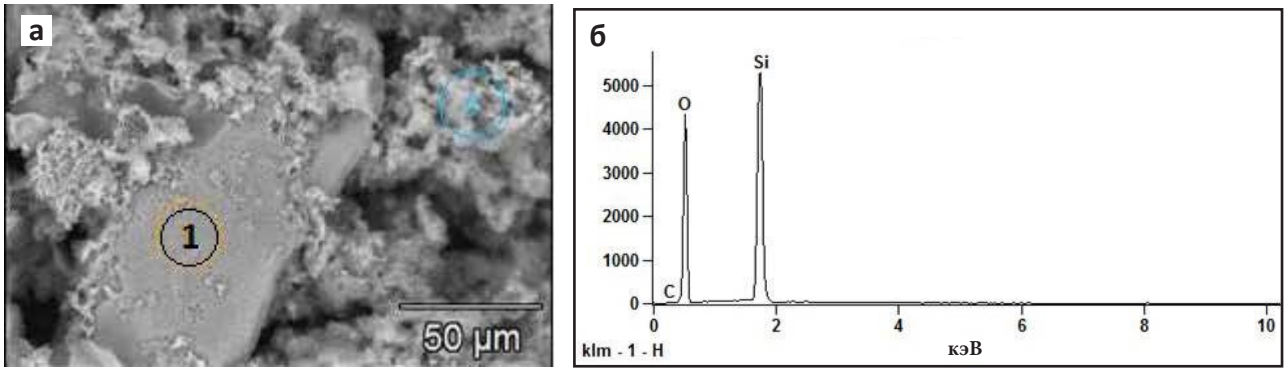


Рисунок 3. Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах. Измер. отрезок – 50 мкм; а) Миколит (SiO_2), из тела гриба *Inonotus obliquus*. б) спектр области 1 (идентичен спектру области 2).

Как мы видим основные формы миколитов – удлиненные (длинные цилинды, иглы и др.) (рис. 1,а) и шероховатые бесформенные (рис. 1,б). Также на всех рисунках видна мелкодисперсная масса, скорее всего, кремниевой природы.

Мы тщательно исследовали собственные образца ствола березы плосколистной, а также имеющиеся литературные данные по фитолитам березы [11] и не обнаружили похожих типов фитолитов на найденные нами миколиты. Для доказательства кремниевой природы миколитов, образцы были исследованы с помощью электронно-микроскопического метода с энергодисперсионным анализом. Нами были обнаружены две формы кремния в теле гриба: мелкодисперсная масса (рис. 2) и отдельные образования – миколиты (рис. 3). Скорее всего, эта кремниевая масса является полимером одной из кремниевых кислот и является промежуточным этапом биокремнегенеза в грибе.

Заключение. Данное исследование является первой попыткой описать кремниевые образования в грибе – миколиты. Эти образования имеют большие линейные размеры, чем фитолиты растений в среднем [1; 2; 4]. Один из самых больших миколитов имел площадь 1692,3 мкм^2.

Стоит еще раз отметить, что сжигалось непосредственно тело гриба без участков коры березы. К сожалению, научных работ, свидетельствующих о наличие микроструктур, аналогичных фитолитам в грибах нами в доступной литературе обнаружено не было. Возможно, что "миколиты" могут быть привнесены внутрь гриба посредством тока жидкости из березы, на которой он рос и являться по природе растительными. Правда, стоит отметить, что гриб-трутовик контактирует с деревом через клеточную мембрану и перенос сквозь неё микрочастиц размеров 100–200 мкм маловероятен. Несомненно, эта гипотеза требует дополнительной проверки.

Работа выполнена при поддержке Научного фонда ДВФУ и гранта РФФИ № 15-04-02979.

Список литературы

1. Madella M, Alexandre A, Ball T. International Code for Phytolith Nomanclature 1.0. ICPN Working Group. Annals of Botany. 2005; 96: 253-60.
2. Piperno DR. Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists. Lanham, Maryland: Alta Mira Press, 2006.
3. Klančnik K, Vogel-Mikuš K, Gaberščik A. Silicified structures affect leaf optical properties in grasses and sedge. J Photochem Photobiol B. 2014; 130: 1-10.
4. Golokhvast KS, Seryodkin IV, Chaika VV et all. Phytoliths in taxonomy of phylogenetic domains of plants. BioMed Res Intern. 2014; 2014: 648326.
5. Nguyen MN, Dultz S, Picardal F et all. Release of potassium accompanying the dissolution of rice straw phytolith. Chemosphere 2014; 119: 371-76.
6. Li B, Song Z, Wang H, Li Z, Jiang P, Zhou G. Lithological control on phytolith carbon sequestration in moso bamboo forests. Sci Rept. 2014; 4: 5262.
7. Phillips C, Lancelotti C. Chimpanzee diet: Phytolithic analysis of feces. Am J Primatol. 2014; 76(8): 757-73.
8. Dhiman SS, Kalyani D, Jagtap SS et all. Characterization of a novel xylanase from Armillaria gemina and its immobilization onto SiO_2 nanoparticles. Appl Microbiol Biotechnol 2013; 97(3): 1081-91.
9. Singh RK, Zhang YW, Nguyen NP et all. Covalent immobilization of β-1,4-glucosidase from Agaricus arvensis onto functionalized silicon oxide nanoparticles. Appl Microbiol Biotechnol. 2011; 89(2): 337-44.
10. Калашникова Е.А. Изучение химического состава и стандартизация сырья чаги и лекарственного препарата «Бефунгин»: Дисс... канд. фарм. наук. Пятигорск. 2004: 178 с.
11. Huang F, Kealhofer L, Xiong Sh, Huang F. Holocene grassland vegetation, climate and human impact in central Eastern Inner Mongolia. Sci China Ser D Earth Sci. 2005; 48(7): 1025-39.

КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДВУХ ВИДОВ РОДА *EXOBASIDIUM WORONIN*

Гомжина М.М., Тобиас А.В.
Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург

Род *Exobasidium* (Exobasidiales, Basidiomycota) – одна из широко распространенных групп грибов, включающая около 50 видов, большинство из которых – узкоспециализированные патогены растений. Питающими растениями для многих из них являются представители семейства Ericaceae.

Род был впервые описан Ворониным в 1867 г., установившим, что гифомицет, развивающийся на листьях брусники, является в действительности базидиальным грибом. Видовая структура рода *Exobasidium* с тех пор неоднократно пересматривалась. Спорным оказался вопрос о связях видов рода и питающих растений, тем более, что они долгое время были ключевыми для выделения видов. К примеру, со времен Воронина был известен вид *Ex. vaccinii*, поражающий листья и стебли брусники. Позже он был отмечен и на других представителях сем. Ericaceae, таких как черника, клюква, голубика, толокнянка, андромеда. Относительное сходство внешних признаков поражения позволяло предположить, что это формы одного и того же вида. Однако некоторые различия в форме и размерах спор, а также представления об узкой

специализации фитопатогенных грибов служили для многих исследователей достаточным основанием для выделения самостоятельных видов, приуроченных к разным растениям семейства Ericaceae. Проводимые в последнее десятилетие молекулярно-филогенетические исследования показали справедливость последней точки зрения.

Анализ литературы показывает, что в качестве диагностических признаков видов рода *Exobasidium*, могут выступать такие признаки как приуроченность к питающему растению, характер поражения (системное или локальное), структурные особенности базидии, в частности количество стеригм, наличие или отсутствие перегородок у базидиоспор, а также размеры базидий, базидиоспор и конидий (Каратыгин, 2002). Заметим, при этом, что используемые морфологические признаки во многих случаях заметно перекрываются, а некоторые растения могут быть поражены не одним, а несколькими видами рода Exobasidium. В таких случаях в качестве дополнительных признаков, характеризующих виды, могут быть использованы культурально-морфологические особенности, поскольку многие представители успешно культивируются на искусственных средах. Возможности такого подхода и значимость получаемых результатов были показаны неоднократно (Graafland, 1952; Nagao et all, 2003, 2006).

Цель исследования – оценить возможность культивирования некоторых видов рода Exobasidium на искусственных средах, показать различия их культурально-морфологических особенностей и возможность их использования для характеристики этих видов.

Материалом для работы послужили три вида рода Exobasidium – *Ex. vaccinii, Ex. pachysporum, Ex. karstenii*, собранные в июле 2012 г. на островах Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря. Первый из трех видов изучался в условиях культуры и раньше (Graafland, 1952), попытка культивирования двух других видов предпринята нами впервые. Виды характеризуются отчетливыми поражениями тканей растения хозяина, что облегчает выбор участка для отбора инокулюма. Инокулюмом при выделении грибов в культуру послужили тонкие срезы пораженной части растения.

Exobasidium karstenii Sacc. et Trotter – паразит подбела (*Andromeda polifoli*a). Побеги пораженных растений – разрозненные или скученные, часто произрастающие из подземных частей растения; листья значительно расширены, мягкие и тонкие с недифференцированным мезофиллом, темно-голубовато-пурпурные (нередко почти черные). Инокулюм выделялся с листьев нормального размера, характеризовавшихся интенсивным розовым оттенком.

Exobasidium pachysporum Nannf. – паразит голубики (*Vaccinium uliginosum*). На листьях образуются мелкие, заметно утолщенные пятна до 0.5 см в диаметре с розовато-красными и желтыми окаймлениями. Инфекция носит локальный характер. Инокулюм отбирался с гипертрофированных пятен зеленого, желтого, красного цвета.

Exobasidium vaccinii (Fuckel) Woronin – паразит брусники (*Vaccinium vitis-idaea*). Листья со значительно гипертрофированными пятнами, часто в виде выпукло-вогнутых галлов (до 1 см в диаметре) ярко-красных и вогнутых на верхней стороне листьев. На нижней стороне пораженные участки выпуклые, снежно – белые. Часто деформируются стебли, которые утолщаются, искривляются и становятся белыми; изредка поражение распространяется на цветы и ягоды. Деформированный участок листа утолщается в 3–10 раз по сравнению с аналогичными участками нормальных листьев. Инокулюм отбирался с гипертрофированных участков листьев (галлов).

Грибы культивировались в чашках Петри. В качестве среды был использован картофельно-глюкозный агар и среда Сабуро. Первая из этих сред часто рекомендуется для морфолого-культуральных исследований паразитических микромицететов, вторая – одна из стандартных сред для разных микологических исследований. Так как экзобазидиальные грибы в своем развитии тесно связаны с питающим растением, кроме стандартных сред нами были использованы модифицированные, где в качестве стимулирующей добавки использовались отвары листьев и стеблей брусники. Каждый из видов исследовался в шести повторностях.

В результате исследования удалось выделить в культуру два из трех изучавшихся видов – *Exobasidium vaccinii* и *Ex. karstenii*. Вид *Exobasidium pachysporum* выделить в культуру не удалось. Оба изученных в условиях культуры вида (Ex. vaccinii и Ex. karstenii) успешно развивались на всех исследованных средах. Внешние признаки колоний каждого вида были сходны на всех средах. При этом модификация сред ни в одном из случаев существенного влияния на рост колоний и на их особенности не оказала. Сравнение колоний *Ex. vaccinii* и *Ex. karstenii* между собой показало, что они существенно различаются по особенностям роста и морфологическим признакам (таблица; см. следующую стр.).

Как видно из таблицы, рост мицелия *Exobasidium vaccinii* был отмечен на 13-й день на всех чашках Петри. При выделении в чистую культуру колония занимала всю чашку Петри на 14–18-й день. Колонии, сформировавшиеся на всех средах, были образованы обильным, матовым, мицелием, молочно-белого цвета. Мицелий в центре колонии – войлочный, на периферии – тонкий, нежный. Реверс колонии – белый с желтым оттенком. Пигмент в среду не проникает. Мицелий легко отделяется от субстрата

Рост мицелия *Exobasidium karsteni*i на 13-й день был отмечен лишь в одной из чашек с немодифицированным картофельно-глюкозным агаром. В остальных случаях рост мицелия был отмечен лишь на 20 день культивирования. При выделении в чистую культуру ни в одном из случаев за время наблюдений (45 дней) колония не заняла всю поверхность чашки Петри. Колонии на всех средах были нежными, матовыми. Образовавший их мицелий – необильный, более или менее гладкий, к периферии становящийся слегка мучнистым, светло-розового цвета. Реверс – светлый,

Таблица. Культурально-морфологические особенности двух видов *Exobasidium*.

Вид	Начало роста	Зарастание чашки	Мицелий	Реверс колонии	Микроморфологические признаки
Exobasidium vaccinii	13-й день	14-18 дней	Молочно-белый, обильный, в центре войлочный	Белый с желтым оттенком	Септированный мицелий с анастомозами и пряжками, базидии с 4 стеригмами
Exobasidium karstenii	13–20-й день	–	Светло-розовый, необильный, слегка мучнистый	Светлый, с розоватым отенком	Септированный мицелий с анастомозами и пряжками, базидии с 2 стеригмами

слегка розоватый. Пигмент в среду не проникает. Мицелий легко отделяется от субстрата.

Таким образом, *Exobasidium vaccinii* характеризуется более интенсивным ростом мицелия, чем *Ex. karstenii*. Заметно различается также цвет колоний и их реверс. Анализ микроморфологических признаков колоний *Exobasidium vaccinii* и *Ex. karstenii* показал, что в обоих случаях развивался септированный мицелий с многочисленными анастомозами и пряжками. Кроме мицелия, в культурах обоих грибов сформировались базидии: у *Ex. vaccinii* – на модифицированном картофельно-глюкозном агаре и на среде Сабуро, у *Ex. karstenii* – на немодифицированном картофельно-глюкозном агаре.

В обоих случаях базидии имели характерные для вида признаки: четыре стеригмы у *Ex. vaccinii* и две – у *Ex. karstenii*. Ни в одном из случаев обнаружить базидиоспоры не удалось. Возможность наблюдать базидии в культурах видов *Exobasidium* может оказаться полезной в тех случаях, когда обнаружить эти структуры в природном материале по каким-то причинам не удается. Таким образом, проведенные исследования подтвердили возможность выделения в культуру *Exobasidium vaccinii* и *Ex. karstenii*. Анализ морфолого-культуральных признаков этих двух видов рода показал, что они существенно различаются по морфологии колоний, скорости роста, а также по микроморфологическим признакам, что, несомненно, говорит о возможности использования этих признаков в качестве дополнительных для идентификации и характеристики этих видов.

Список литературы

1. Каратыгин И.В. Определитель грибов России. Порядки Тафриновые, Протомициевые, Экзобазидиевые, Микростромациевые. 2002: 133 с.
2. Graafland W. Four species of Exobasidium in pure culture. Acta Botanica Neerlandica. 1953; 1: 516-22.
3. Nagao H, Akimoto M, Kishi K et all. Exobasidium dubium and E. miyabei sp. nov. causing Exobasidium leaf blisters on Rhododendron spp. in Japan. Mycoscience. 2003; 44: 1–9
4. Nagao H, Ezuka A, Harada Y, Sato T, Kakishima M. Two new species of Exobasidium causing Exobasidium diseases on Vaccinium spp. in Japan. Mycoscience. 2006; 47: 77–283

АНТАГОНИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРИБОВ РОДА *ULOCLADIUM PREUSS*

Гомжина М. М., Ганнибал Ф.Б.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

Представители рода *Ulocladium* являются анаморфными сумчатых грибов семейства Pleosporaceae. Встречаются они преимущественно как сапротрофы на растениях и в почве; нередко выявляются в воздухе. Известны случаи, когда они оказывались возбудителями оппортунистических микозов человека и животных [1]. Несколько видов *Ulocladium* – фитопатогены [2]. Показано, что при развитии в ассоциациях с другими фитопатогенными микромицетами некоторые сапротрофные виды *Ulocladium* могут становиться патогенными[3], возможна также и обратная ситуация, когда сапротроф, развиваясь вместе с паразитическим видом *Ulocladium*, приобретает фитопатогенные свойства [4].

Известно, что виды *Ulocladium* могут проявлять и антагонистические свойства по отношению к другим грибам. Было показано, что некоторые штаммы *U. atrum* являются антагонистами микромицета *Botrytis cinerea* – возбудителя гнилей многих культурных растений [2, 5-8]. Таким образом, штаммы *Ulocladium* потенциально могут быть использованы, как агенты биоконтроля. Они могут конкурировать с фитопатогенами за субстрат или выделять вторичные метаболиты

направленного действия, которые не будут оказывать негативного влияния на растение-хозяина.

Ранее на наличие антагонистических свойств был исследован только *U. atrum*, а его действие было показано только для *Botrytis cinere*a. В нашей работе были изучены свойства пяти видов *Ulocladium*, представленных семью штаммами (*U. atrum* – 1 штамм, *U. botrytis* – 2, *U. chartarum* – 1, *U. oudemansii* – 1, *U. septosporum* – 2). Список тест-объектов для выявления восприимчивых видов включал 13 видов фитопатогенных грибов (*Alternaria solani, A. radicina, Bipolaris sorokiniana, Botrytis cinerea, Botrytis sp., Colletetrichum coccodes, Curvularia inaequalis, Drechslera phlei, D. graminea, Fusarium culmorum, F. graminearum, F. sporotrichioides* и *Sclerotinia sclerotiorum*).

Для изучения антагонистических свойств чашки Петри с картофельно-сахарозной питательной средой (КСА) были инокулированы двумя штаммами каждая: один штамм рода *Ulocladium*, второй – фитопатогенный гриб из другого рода. Опыт проводили в трех повторностях. В качестве инокулюма были использованы агаровые блоки диаметром 5 мм, взятые из чистой культуры гриба, выращенного на КСА. В чашке Петри блоки занимали равноудаленное друг от друга и от стенок положение. При наличии антагонистического эффекта, между двумя колониями образовывалась зона ингибирования роста, которую замеряли. По ширине этой зоны производилась условная оценка степени влияния изолятов *Ulocladium* на развитие других грибов.

В ходе исследования было показано, что виды *U. atrum* и *U. chartarum* по отношению ко всем, включённым в эксперимент фитопатогенным грибам, не проявляют очевидного антагонистического эффекта. Виды же *U. botrytis, U. oudemansii* и *U. septosporum* обнаружили в разной степени и с разными грибами значительный антагонистический эффект.

В целом, штаммы *Ulocladium* подавляли развитие колоний всех исследованных грибов кроме *Alternaria radicina, Bipolaris sorokiniana* и видов рода *Fusarium*. Из-за присутствия в чашке Петри колонии *Ulocladium* сильнее всего тормозился рост *Botrytis cinerea, Botrytis sp., Sclerotinia sclerotiorum* (все – представители Sclerotiniaceae), менее сильно – *Alternaria solani, Colletetrichum coccodes, Curvularia inaequalis, Drechslera phlei и D. graminea.*

Таким образом, впервые был показан антагонистический эффект трёх видов Ulocladium в отношении не только Botrytis cinerea, но и в отношении других фитопатогенов, которые поражают важные сельскохозяйственные культуры. Следовательно, целесообразен поиск новых штаммов Ulocladium и изучение возможности их практического применения как агентов биоконтроля для защиты сельскохозяйственных культур от болезней.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-26-00067).

Список литературы

1. Runa F, Park MS, Pryor BM. Ulocladium systematics revisited: phylogeny and taxonomic status. Mycol Progr. 2009; 8: 35-47.
2. Wang Y, Bruno LC, Zhang XG. Two new species of Ulocladium from Southwest China. Mycologia. 2008; 100(3): 455-59.
3. Douglas DR. Occurence of Ulocladium consortiale as an associate fungus of Alternaria solani in potato tuber blight. Plant disease reporter. 1972; 56(4): 308-9.
4. Zitter TA, Hsu LW. A leaf spot of Cucumber caused by Ulocladium cucurbitae in New York. Plant disease. 1990; 74(10): 824-27.
5. Köhl J, Molhoek WWL, van der Plas CH, Fokkema NJ. Effect of Ulocladium atrum and other antagonists on sporulation of Botrytis cinerea on dead lily leaves exposed to field conditions. Phytopathology. 1995; 85 (4): 393-401.
6. Köhl J, Gerlagh M, De Haas BH, Krijger MC. Biological control of Botrytis cinerea in Cyclamen with Ulocladium atrum and Gliocladium roseum under commercial growing conditions. Phytopathology. 1998; 88(6): 568-75.
7. Köhl J, Lombaers-Van Der Plas CH, Molhoek WML, Kessel GJT, Goossen-Van Der Geijn HM. Competitive ability of the antagonists Ulocladium atrum and Gliocladium roseum at temperatures favourable for Botrytis spp. Development. Biocontrol. 1999; 44: 329-46.
8. Köhl J, Molhoek WWL, Goossen-van der Geijn HM, Lombaers van der Plas CH. Potential of Ulocladium atrum for biocontrol of onion leaf spot through suppression of sporulation of Botrytis spp. Biocontrol. 2003; 48(3): 349–59.

СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МИЦЕЛИЕМ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ

Гончарова И.А.[1], Арашкова А.А.[1], Тригубович А.М.[1], Сосновская Н.Е.[2], Соколова Т.В.[2], Мицкевич А.Г.[3]

[1]Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, г. Минск
[2]Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, г. Минск
[3]Национальный художественный музей Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь.

Среди опасных для здоровья веществ одно из ведущих мест занимают тяжелые металлы, многие из которых токсичны для человека даже в незначительных количествах. Соединения, содержащие тяжелые металлы, до сих пор используются в качестве биоцидов, хотя сфера их применения постоянно сужается. Широко применявшийся ранее для борьбы с плесневыми грибами сульфат меди уступает место фунгицидным препаратам органической природы, которые способны к разложению. Влияние токсичных металлов и их соединений на экологическую обстановку зависит от многих факторов: химической формы, количества, доступности и т.д. [1]. Например, они входят в состав значительной части пигментов, используемых в живописи, не представляя при этом реальной опасности для здоровья.

Хорошо известна способность мицелиальных грибов концентрировать в своей биомассе различные токсиканты, в том числе радиоактивные изотопы и ионы тяжелых металлов [2].

Цель работы – исследование сорбирующей способности микромицетов, выделенных из очагов плесневого поражения в жилых помещениях и музейных учреждениях на объектах, содержащих соединения тяжелых металлов.

Методы исследования. Грибы культивировали в поверхностной и глубинной культуре на среде Чапека–Докса. Сорбционную активность грибов оценивали по уменьшению концентрации ионов металлов после 1 ч контакта глубинного мицелия с 0,1н растворами соответствующих солей. Сорбционную емкость – СЕ (мг-экв/г или мг/г) рассчитывали по формуле: $CE = (C_{исх} - C_{кон}) \cdot V / m$, где – $C_{исх}$ и $C_{кон}$ – исходная и конечная концентрации ионов металла; V – объем раствора; m – масса сорбента (г, в пересчете на сухие вещества). Содержание металлов оценивали методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе Сатурн-3П-1.

Результаты исследования. Из 68 культур, доминировавших в очагах повторного развития плесневых грибов в квартирах, стены которых ранее были обработаны медным купоросом, 35,3 % были представителями семейства Dematiacea с темнопигментированным мицелием (преимущественно *Alternaria, Ulocladium, Cladosporium*), 32,4% принадлежали роду *Aspergillus*, 17,6% – *Penicillium*. Следует отметить, что наибольшей частотой встречаемости обладал *Aspergillus* niger, но доминирующей культурой он был редко.

Так как выделение проводили стерильными ватными палочками с нижней стороны обоев, контактировавшей непосредственно с обработанной медным купоросом штукатуркой, была проверена способность изолятов расти на агаризованной среде с содержанием сульфата меди от 0,001 до 0,1%. При посеве спорами Cu_2SO_4 в концентрации 0,001, 0,01 и 0,05% полностью ингибировал рост 8, 45 и 64 культур, соответственно. При посеве пеллетами глубинной культуры устойчивость грибов к токсическому действию ионов меди резко возросла, все грибы активно росли на среде с 0,001% Cu_2SO_4, а 5 штаммов проявили способность развиваться даже в присутствии 0,1% биоцида.

Неоднократно проводились микологические обследования и объектов живописи в связи с жалобами искусствоведов, фондовых работников и других сотрудников музея на аллергические реакции во время работы [3]. 13 культур было выделено из колоний, гифы которых могли контактировать с пигментами, содержащими тяжелые металлы (поверхность картин, тыльная сторона холстов, лаковый слой иконописи). Большинство из них принадлежало роду Aspergillus.

Проверка сорбционной способности исследованных грибов показала, что мицелию большинства культур соответствовал следующий ряд предпочтительности сорбции: $Fe^{3+} > Pb^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+}$. За исключением первых двух элементов (железо и свинец) последовательность элементов в ряду может меняться (рисунок). Большинство культур, выделенных из обработанных медным купоросом квартир, связывало 30–50 мг ионов меди на грамм мицелия, а 18% – 70 мг/г и более. Корреляционная зависимость между устойчивостью к ионам меди и сорбционной емкостью по отношению к данному металлу отсутствовала.

Повышенной сорбционной способностью обладали меланизированные грибы. Следует отметить, что при глубинном культивировании в присутствии солей меди темную окраску приобретала биомасса многих грибов с неокрашенным мицелием в контрольном варианте. Способность связывать ионы тяжелых металлов зависела, в основном, от штаммовых особенностей (таблица).

То, что плесневые грибы, появившиеся на стенах, обработанных медным купоросом, представляют повышенную опасность для здоровья, подтверждает и тот факт, что во всех таких квартирах были больные астмой и другими респираторными заболеваниями аллергической природы.

В одной из квартир г. Минска 9-месячный ребенок не мог находиться из-за тяжелейших приступов астмы в собственной квартире, из которой были удалены все возможные источники аллергенов. Проведенное детальное микологическое обследование выявило высокую обсемененность проб, взятых из небольших вентиляционных решеток в полу. При вскрытии пола были обнаружены колонии плесневых грибов на ржавых водопроводных трубах в подпольном пространстве.

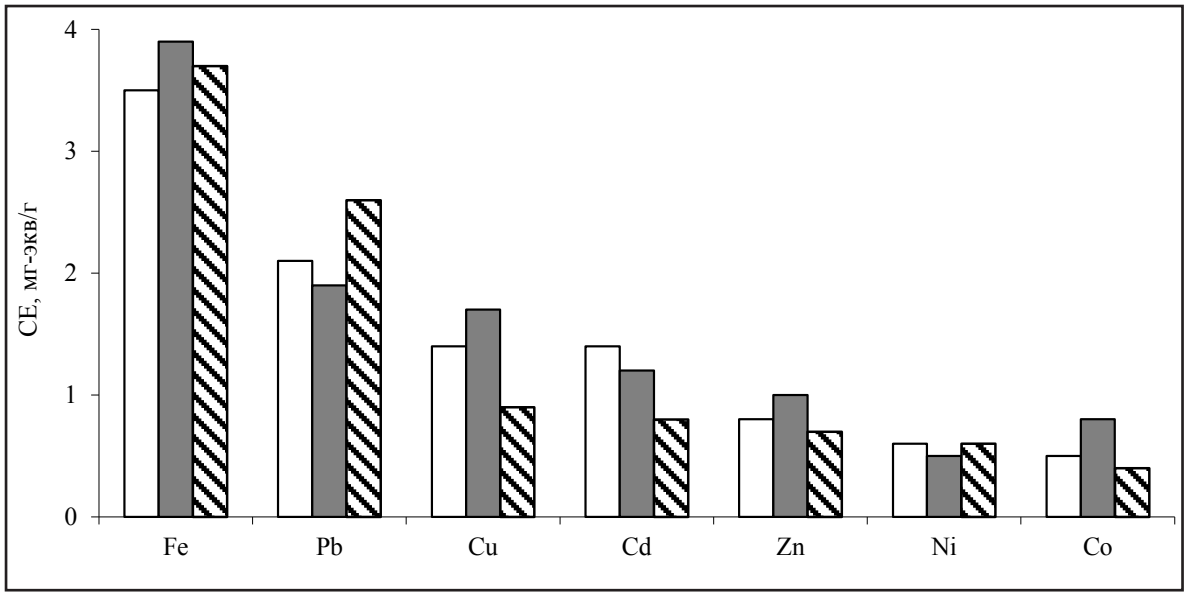


Рисунок. Сорбционная емкость по ионам тяжелых металлов грибов *Paecilomyces variotii* (□), *Alternaria alternata* (■) и *Aspergillus niger* (◘), выделенных из пораженной живописи.

Таблица 1. Сорбция ионов тяжелых металлов из 0,1н растворов мицелием штаммов *A. niger* и *A. versicolor* с низкой (Мн), умеренной (Му) и высокой устойчивостью (Мв) к повышенным концентрациям ионов меди в питательной среде.

	Сорбционная емкость, мг/г		
	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Fe^{3+}
A. niger Мн	27,3 ±2,3	82,5 ±2,7	70,8 ±2,8
A. niger Му	54,5 ±3,1	191,7 ±3,1	74,3 ±2,0
A. niger Мв	18,3 ±1,6	206,5 ±3,6	64,7 ±3,3
A. versicolor Мн	17,7 ±2,1	163,2 ±2,1	67,5 ±2,4
A. versicolor Му	31,6 ±1,4	186,6 ±3,4	69,4 ±3,1
A. versicolor Мв	13,0 ±2,9	175,9 ±2,5	56,8 ±2,7

Соответствующие ремонтные работы и лечение, проведенное с учетом аэрогенной интоксикации организма железом, позволили решить данную проблему.

Свинцовые белила очень широко использовались в живописи вплоть до середины XIX века. Существует потенциальная опасность поступления в дыхательную систему спор и фрагментов мицелия, насыщенного свинцом, ионы которого не оказывают заметного действия на плесневые грибы даже в высоких концентрациях, хотя способны накапливаться в мицелии в очень больших количествах. Таким образом, при оценке микологической безопасности помещений и объектов необходимо учитывать не только таксономическую принадлежность плесневых грибов, но и возможность накопления ими токсикантов, в первую очередь тяжелых металлов.

Список литературы

1. Климов Е.С., Давыдова О.А., Завальцева О.А., Борисова В.В. К вопросу о распространении тяжелых металлов в природных средах. Фундаментальные исследования. 2004. № 2 – 137-38.
2. Бисько Н.А., Ровбель Н.М., Гончарова И.А. Способность мицелия высших базидиальных грибов связывать тяжелые металлы. Укр. бот. журн. 2004; 61(6): 52–6.
3. Gontcharova IA, Arashkova AA, Trigubovich AM, Mickevich AG. Colonization of mineral materials of historical buildings by mould fungi. Materials of V International symposium "Biogenic-abiogenic interaction in natural and anthropogenic systems" Saint-Petersburg. 2014. Saint-Petersburg: VVM Publishing Lld., 2014: 144-5.

СЕКРЕЦИЯ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ПРОТЕИНАЗ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ РОДА *FUSARIUM*

Ибрагимов Р.И., Шпирная И.А., Цветков В.О., Баширова Р.М, Яруллина Л.Г.
Башкирский государственный университет, Уфа

Грибы *Fusarium* являются возбудителями болезней многих культурных растений. Они поражают корни, корнеплоды, клубни плоды растений, что приводит к значительным потерям при производстве и хранении растениеводческой продукции. Эти микроорганизмы способны продуцировать в окружающую среду протеолитические ферменты, которые являются одним из эффективных инструментов «нападения» при проникновении и локализации патогена в растительных тканях [1, 2, 3]. Мы исследовали способность различных видов грибов *Fusarium* к секреции протеолитических ферментов при культивировании их в лабораторных условиях.

Коллекционные культуры грибов были получены из Всероссийской коллекции микроорганизмов (ИБФМ РАН) и поддерживались на агаровой среде. *Fusarium* sp. выделяли из растительных остатков по описанным в литературе методикам [4] и выращивали на жидкой среде Чапека с добавлением картофельного отвара. Активность протеиназ в культуральной жидкости измеряли по скорости гидролиза субстрата БАПНА [5], содержание белка – по методу Брэдфорда.

Показано, что изученные виды грибов обладали различной способностью к секреции белковых молекул в культуральную среду. Соответственно, и активность протеиназ в культуральных фильтратах различных видов была неодинаковой. В целом, изученные виды (чистые культуры) *Fusarium* характеризовались невысоким уровнем активности внеклеточных протеиназ. Так, через 15 сут культивирования активность ферментов в культуральной жидкости девяти видов изученных грибов изменялась от 2,8 мЕ/мг белка у *F. gibbosum* до 31, МЕ/мг белка *F. oxysporum* (табл.1).

Таблица 1. Активность БАПНА-гидролизирующих ферментов в культуральной жидкости *Fusarium*

Виды грибов	15 сут		30 сут	
	МЕ/мг белка	МЕ/мл	МЕ/мг белка	МЕ/мл
F. solani	10,3	0,51	15,7	1,21
F. sambucinum	24,8	0,49	61,5	1,23
F. gibbosum	2,8	0,14	9,4	1,13
F. oxysporum	31,4	0,94	92,8	5,5
F. graminearum	9,8	0,29	17,8	1,04
F. culmorum	11,8	0,22	43,2	0,98
F. lateritium	12,3	0,12	26,5	1,72
F. moniliforme	15,6	0,23	38,4	1,15
Fusarium sp.	395,6	31,6	242,1	33,9

Этот показатель у одного и того же вида гриба изменялся и в зависимости от срока культивирования. В 30-сут культуральной жидкости внеклеточная протеолитическая активность грибов составляла от 9,4 мЕ/мг белка у *F. gibbosum* до 92,8 МЕ/мг белка *F. oxysporum*.

В отличие от коллекционных видов грибов, клетки *Fusarium* sp., выделенные из пшеничной соломы, при культивировании в искусственных условиях секретируют во внешнюю среду значительно больше протеиназ. БАПНА-азная активность в 15-суточном культуральном фильтрате Fusarium sp. составляла 395,6 МЕ/мг белка, что в 10–100 раз выше, чем уровень внеклеточной ферментативной активности коллекционных видов. По-видимому, поддерживание коллекционных видов грибов на искусственных питательных средах снижает их способность к синтезу и секреции физиологически активных молекул. С этим, вероятно, связано и снижение патогенности и вирулентности микроорганизмов. Как известно, при многократном пассировании на искусственных питательных средах, многие фитопатогены значительно снижают способность к поражению растений. Пассирование возбудителя через растение-хозяин возвращает способность микроорганизма поражать растительные ткани. Так показано, что пассирование возбудителя фузариозного увядания через хлопчатник, особенно через устойчивые сорта, сильно увеличивает агрессивность патогена [6]. Авторы предположили, что повышение патогенности связано с увеличением содержания внеклеточных агентов патогенеза – токсинов и гидролитических ферментов

Как видно из табл. 2 (см. след. стр.), добавление фунгицидных препаратов в культуральную среду грибов стимулируют секрецию ими белковых веществ.

Содержание белка в культуральных фильтратах *Fusarium* sp. с бисолом-2, байтаном и тилтом значительно выше, чем в контрольных вариантах (без фунгицида). В то же время, выращивание гриба на фоне фунгицидов приводит к снижению активности протеиназ в культуральной жидкости. Ферментативная активность в культуральной жидкости опытных вариантов в несколько раз ниже, чем в контрольном варианте. При этом особенно низкая активность обнаруживается в первые дни выращивания, когда в культуральной жидкости выявляется высокое содержание белков. В этот период различия в протеолитической активности между опытными и контрольными вариантами составляют 4–20 раз.

Изучены некоторые свойства внеклеточных протеиназ гриба *Fusarium* sp. Из рис. 1 видно, что БАПНА-гидролизующие ферменты проявляют активность в щелочной зоне pH. В интервале pH от 8 до 11 обнаруживается максимальная протеолитическая активность. При pH 5 и ниже активность протеиназ ингибируется. Оказалось, что внеклеточные протеиназы исследуемого гриба обладают низкой термостабильностью.

Протеолитическая активность культурального фильтрата подавляется при прогревании в течение 3 мин при 60 °С. Наши эксперименты показали, по термоста-

Таблица 2. Влияние фунгицидов на содержание белка (мкг/мл) и протеолитическую активность (мЕд/мг белка) в культуральной жидкости гриба *F. oxysporum*

Вариант опыта	Концентрация фунгицида (мкг/л)	Возраст грибной культуры, сутки					
		15		20		30	
		белок	протеиназы	белок	протеиназы	белок	протеиназы
Контроль	0	10,2	140,7	22,1	280,1	25,4	78,8
Байтан	48	4,1	27,6	27,2	37,7	34,5	8,0
Бисол-2	48	220,3	7,8	33,0	21,1	38,4	27,6
Тилт	1,7	100,2	12,7	80,5	6.9	50.7	33,6

бильности ферменты патогенного гриба существенно не отличаются от БАПНА-аз растительного и животного происхождения. Протеиназы с аналогичными свойствами широко представлены в семенах и вегетативных органах растений. Можно предположить, что БАПНА-азная активность культуральной среды грибов обусловлена действием низкомолекулярных протеиназ с трипсиноподобной активностью. Такие белки с молекулярными массами 25 и 28 кДа были выделены из культуральной жидкости *F. sambucinum* [7].

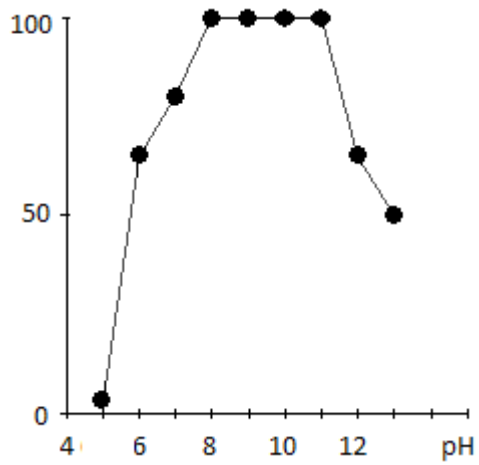


Рис. Активность внеклеточных БАПНА-аз *Fu-sarium* sp. при различных значениях pH инкубационной среды.

Примечание. По оси абцисс – значение pH, по оси ординат– протеолитическая активность

Таким образом, патогенные грибы *Fusarium* секретируют во внеклеточную среду ферменты, гидролизующие синтетический субстрат БАПНА. Способность к секреции протеолитических ферментов у различных видов неодинакова и зависит от возраста грибной культуры, состава питательной среды. Коллекционные (музейные) культуры различных видов обладают низкой активностью протеиназ. Высокая активность внеклеточных протеиназ обнаруживается в культуральном фильтрате гриба, выделенного из растительных остатков. Предполагается, что культивирование (поддерживание) патогенных грибов на искусственных питательных средах снижает их способность к синтезу и секреции гидролитических ферментов. Снижение этой способности может являться одной из причин потери патогенных свойств грибов при пассировании их в искусственных средах. При выращивании грибов в средах, содержащих фунгицидные препараты наблюдается подавление синтеза и секреции протеиназ в культуральную жидкость.

Внеклеточные БАПНА-азы патогенов представлены термо- и кислотостабильными белками с оптимумом действия в щелочной зоне pH. Максимальную активность они проявляют в интервале pH от 8 до 11. Значение активности внеклеточных ферментов зависит от вида и возраста грибной культуры, от состава питательной среды.

Список литературы

1. Караджова Л.В. Фузариозы полевых культур. Кишинев: Штиница. 1989: 256 с.
2. Ибрагимов Р.И. Ингибиторы экзопротеиназ патогенного гриба Fusarium в семенах и вегетативных органах растений. Прикл. биохим. микробиол. 1998; 34(6): 666-9.
3. Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И. Клеточные механизмы формирования устойчивости растений к грибным патогенам. Уфа: Гилем, 2006: 195 с.
4. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Под ред. Григорьева М.Ф. Л.: ВИР. 1976; 59: 225 с.
5. Erlanger BF, Kokowski N, Cohen W. The preparation and properties of two new chromogenic substrutes of trypsin. Arch Biochem Biophys. 1961; 95(2): 271-8.
6. Беккер З.Э., Чадова Ж.С. Эколого-физиологические методы в борьбе с фузариозным вилтом хлопчатника. Ашхабад. 1973: 38-59.
7. Кладницкая Г.В., Валуева Т.А., Домаш В.И., Мосолов В.В. Экзопротеиназы гриба Fusarium sambucinum Fuck, и их взаимодействие с ингибиторами. Прикл. биохим. микробиол. 1994; 30(1): 21-9.

ЭНДОЦИТОЗ У МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ: ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ У КСИЛОТРОФНОГО ГРИБА *STEREUM HIRSUTUM*

Камзолкина О.В., Кудрявцева О.А., Штаер О.В., Мажейка И.С.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Эндоцитозный путь исследован у почкующихся дрожжей [1–2], некоторых мицелиальных грибов: *Aspergillus nidulans* [3], *Neurospora crassa* [4], *Lentinula edodes* [5] и диморфного гриба *Ustilago maydis* [6]. Эндоцитоз у грибов выполняет следующие функции: питание гриба, участие в сигнальных путях, удаление и деградация белков и других компонентов плазмалеммы, утилизация белков сигнальных путей, круговорот белков к эквиваленту комплекса Гольджи и др. [7]. В процессе эндоцитоза участвуют цитоплазматическая мембрана, ранние и поздние эндосомы (или мультивезикулярные тела, МВТ), вакуолярный аппарат и другие структуры [8].

При сравнении механизмов формирования эндосом у грибов и животных выявляется большое сходство, так как процессы внутреннего мембранного транспорта носят консервативный характер. Среди отличий, например, – начальный этап формирования эндоцитозных везикул: у мицелиальных грибов везикулы формируются без участия клатрина. В клетках животных нет как таковых вакуолей, вследствие чего конечное слияние как МВТ, так и автофагосом происходит с лизосомами [9]. В то же время эндоцитозные пути грибов и животных имеют некоторые отличия от растительного эндоцитоза. Так, роль ранних эндосом у растений выполняет транс-сеть аппарата Гольджи [10].

Эндоцитозный путь у грибов во многом служит для транспорта внутрь грибных клеток питательных веществ, образующихся после гидролиза органических соединений секретируемыми ферментами. То же характерно и для прокариотических организмов [11]. У мицелиальных грибов эндоцитоз играет ключевую роль в процессе роста кончика гифы, так как апикальный рост гифы происходит благодаря объединению двух процессов – транспорта секреторных мембранных структур в апикальный район (апикальный экзоцитоз), которые обеспечивают увеличению площади поверхности плазмалеммы и клеточной стенки, и субапикального эндоцитоза, обеспечивающего растущий кончик питательными веществами. Используя анализ различных грибных мутантов с нарушением эндоцитоза, удалось показать, что в отсутствие полноценного эндоцитоза полярность роста гиф нарушается [8].

Формирование эндоцитозных везикул с последующим слиянием их в ранние эндосомы может происходить в различных участках мицелия. Наиболее активны в данном плане кончики гиф: в апикальных клетках может быть выявлена субапикальная зона наиболее интенсивного эндоцитоза – субапикальное кольцо. Субапикальному кольцу соответствует кольцо актиновых патчей (глобул актина, собранных плотным кольцом чуть ниже кончика гифы), а также кольцо динеина (например, у *Aspergillus nidulans* и *Ustilago maydis*). Кольцо актиновых патчей, видимо, непосредственно участвует в загрузке везикул, а динеиновый резервуар обеспечивает транспорт ранних эндосом от апекса вглубь клетки. Дело в том, что в кончиках грибных гиф транспорт ранних эндосом (РЭ) полярен и двунаправлен. По одним микротрубочкам, расположенным вдоль длинной оси клетки, ранние эндосомы транспортируются в апикальную зону, по другим микротрубочкам – в базальную часть клетки. Плюс-концы микротрубочек достигают эндоцитозного (динеинового) кольца. У *A. nidulans* и *U. maydis* кинезин-3 переносит РЭ по микротрубочкам к динеиновому кольцу, динеин транспортирует РЭ в обратном направлении. Значительная скорость перемещения (~ 3 мкм/с) РЭ – отличительная черта мицелиальных грибов от других организмов. Мобильность грибных РЭ также отличает их от поздних эндосом (ПЭ), поскольку поздние эндосомы – структуры более или менее статичные [8–9, 11–13].

Древоразрушающие грибы давно привлекают внимание исследователей благодаря их способности жить в природе в условиях низкого содержания азота. Известно, что если в живом дереве камбий практически не отличается по концентрации азотсодержащих веществ от травянистой растительности (1–5% по сухому весу), то в древесине, а особенно в сердцевине, азота очень мало (не более 0,1 %). Отношение углерода к азоту в древесине – 350–800 : 1 (и выше) [14].

В таких олиготрофных по азоту условиях ксилотрофы должны максимально эффективно использовать имеющийся азот, находить дополнительные и альтернативные источники азота. Действительно, использование неметаболизируемой меченой аминокислоты 14C-AIB и других методов выявило активный транспорт-рециклинг и возвратный транспорт аминокислот (полагают, что именно в форме аминокислот азот транспортируется по мицелию) в растущий фронт и по тяжам между разными участками колонии [15]. Для некоторых ксилотрофных грибов показана способность атаковать и поглощать бактерии, нематод и другие грибы [16]. Мицелий ксилотрофов, живущий в мертвой древесине, может подпитывать себя азотом из почвы, если есть контакт древесных остатков с почвой [14].

Основные представления о том, как выживают ксилотрофы в древесине, были сформулированы еще в работах 60-х гг. прошлого века. Коулинг и Меррилл выделили три группы стратегий, позволяющих этим организмам обеспечивать себя некоторым количеством азота, достаточным для жизни в древесном субстрате [14]. Во-первых, ксилотрофы обладают механизмами строгой экономии азота, начиная от снижения биомассы и толщины гиф и заканчивая оптимизацией ферментно-метаболических путей.

Во-вторых, грибы этой группы осуществляют очень эффективный рециклинг собственных ресурсов за счет гидролиза компонентов старых клеток и даже, в некоторых случаях, полного лизиса содержимого гиф. В-третьих, им доступны дополнительные источники азота – камбий и молодая древесина живого дерева, азот других микроорганизмов и т.п. Наконец, не исключено получение ксилотрофами дополнительного питания посредством их ассоциации с диазотрофами.

В одной из наших работ мы упоминали феноменальную способность нескольких видов ксилотрофных базидиомицетов в течение многих месяцев непрерывно расти (посредством регулярных пересевов) на питательной среде без специального внесения какого-либо источника азота [17].

Настоящее исследование посвящено изучению участия эндоцитоза в столь эффективном поглощении следового азота из среды культивирования у природного изолята Pusch-6 *Stereum hirsutum*, культивируемого длительно на среде Чапека без азота (N^-), который непосредственно перед опытом отсаживали на разные типы сред. Использовали прижизненный флуоресцентный стириловый краситель AM4-64, который встраивается в плазматическую мембрану в местах формирования эндоцитзных везикул и по его флуоресценции можно проследить путь мембран, участвующих в эндоцитозе. Культивирование мицелия *S. hirsutum* проводили на следующих средах: N^+ и N^-, приготовленных на агаре и агарозе соответственно. Окрашивание AM4-64 проводили по методу, описанному в работе Ли с сотр. [5].

Было показано, что у S. hirsutum как при внесении, так и без внесения источника азота в среду культивирования, эндоцитозные вакуоли формируются по всей длине мицелия. Наиболее активно эндоцитоз протекает в разветвленной сети мицелия, толщина которого менее 1 мкм (тонкий мицелий), составляющего основную массу мицелия, растущего на среде без азота, и в кончиках гиф мицелия. Содержимое клеток тонкого мицелия через несколько минут инкубации с красителем на холоду окрашивается сразу и имеет множество светящихся включений (эндосом), которые заполняют весь объем цитоплазмы.

В более толстых гифах (толщиной 2–3 мкм), составляющих меньшую долю мицелиальной массы, происходит постепенное распределение красителя. Вначале (0–10 мин после окончания инкубации с AM4-64) наблюдаются единичные эндосомы, занимающие пристеночное положение. Далее (20–30 мин) флуоресцируют мелкие эндосомы в толще цитоплазмы. Через 1 ч начинают флуоресцировать мембраны вакуолей. Причем скорость эндоцитоза значительно выше у мицелия, растущего без азота. Латрункулин А (ингибитор сборки актина) подавлял в значительной степени эндоцитоз.

Таким образом, получены свидетельства, подтверждающие существование активного эндоцитозного транспорта в гифах гриба *S. hirsutum*, который обеспечивает выживание мицелия гриба в природной среде обитания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 12-04-00684 и № 14-04-00864) и Программы научного развития МГУ (ПНР-10).

Список литературы

1. Mellman I. Endocytosis and molecular sorting. Annu Rev Cell Dev Biol. 1996; 12: 572–625.
2. Geli MI, Riezman H. Endocytic internalization in yeast and animals: similar and different. J Cell Sci. 1998; 111: 1031-7.
3. Penalva MA. Tracing the endocytic pathway of Aspergillus nidulans with FM4-64. Fungal Genet Biol. 2005; 42: 963-75.
4. Galaghan JS, Calvo K, Borkovich et al. The genome sequence of the filamentous fungus Neurospora crassa. Nature. 2003; 422: 859-68.
5. Lee MT, Szeto CYY, Ng TP, Kwan HS. Endocytosis in the shiitake mushroom Lentinula edodes and involvement of GTPase LeRAB7. Eukaryot Cell. 2007; 6(12): 2406-18.
6. Fuchs U, Steinburg G. Endocytosis in the plant-pathogenic fungus Ustilago maydis. Protoplasma. 2005; 226: 75-80.
7. Lemmon S.K. and Traub L.M. Sorting in the endosomal system in yeast and animal cells. Curr Opin Cell Biol. 2000; 12: 457-66.
8. Peñalva MA. Endocytosis in filamentous fungi: Cinderella gets her reward. Curr Opin Microbiol. 2010; 13: 684-9.
9. Huotari J, Helenius A. Focus review. Endosome maturation. EMBO J. 2011; 30: 3481-500.
10. Contento AL, Bassham DC. Structure and function of endosomes in plant cells. J Cell Sci. 2012; 125: 1–8.
11. Bourett TM, James SW, Howard RJ. The endomembrane system of the fungal cell. In: Biology of the Fungal Cell. 2nd Edn. The Mycota. VIII R.J. Howard & NAR Gow (Eds) © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2007: 1-47.
12. Higuchi Y, Nakahama T, Shoji J-y, Arioka M, Kitamoto K. Visualization of the endocytic pathway in the filamentous fungus Aspergillus oryzae using an EGFP-fused plasma membrane protein. Biochem Biophys Res Commun. 2006; 340: 784-91.
13. Abenza JF, Pantazopoulou A, Rodriguez JM, Galindo A and. Peñalva MA. Long-distance movement of Aspergillus nidulans early endosomes on microtubule tracks. Traffic. 2009; 10: 57–75.
14. Cowling EB, Merrill W. Nitrogen in wood and its role in wood deterioration. Canad J Bot. 1966; 44: 1539-54.
15. Watkinson S, Bebber D, Darrah B et all. The role of wood decay fungi in the carbon and nitrogen dynamics of the forest floor. In: Fungi in Biogeochemical Cycles. Ed. Gadd GM. Cambridge Univ. Press. 2006: 151-81.
16. Barron GL. Microcolonies of bacteria as a nutrient source for lignicolous and other fungi. Canad J Bot. 1988; 66: 2505-10.
17. Камзолкина О.В., Мажейка И.С., Штаер О.В. и др. Эндомембранная система у грибов: классическое и современное представления. Цитология. 2014; 56(8): 549-61.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА СОСТАВ УГЛЕВОДОВ В ЦИТОЗОЛЕ *TRAMETES MAXIMA*

Кляйн О.И.[1], Куликова, Н.А.[1,2], Ландесман Е.О.[1], Королева О.В.[1]
Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, г. Москва
[2]МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра земледелия и агроэкологии, г. Москва

Введение. В настоящее время возрастает интерес к использованию Trametes в качестве биоиндикаторов состояния лесных экосистем, поэтому актуальным является изучение особенностей функционирования грибов «белой гнили» в природных условиях. Неотъемлемым компонентом всех природных сред являются гуминовые вещества (ГВ) – геополимеры переменного состава, обладающие физиологической активностью. Установлено, что благодаря лигнин-модифицирующей системе грибы «белой гнили» активно участвуют в процессах биодеградации ГВ и могут использовать их в качестве источника углерода [1], однако неизученным остается вопрос о влиянии ГВ на метаболизм грибов. Целью работы было исследование влияния ГВ на состава углеводов в цитозоле *Trametes maxima* 0275.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся штамм *Trametes maxima* 0275 из коллекции культур Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. Жидкофазное ротационное культивирование гриба проводили на полной среде, обычно используемой для культивирования гриба, и минимальной, моделирующей условия недостатка легкодоступного источника углерода. Состав полной среды (г/л): глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; KH_2PO_4 – 0,6; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,001; K_2HPO_4 – 0,4; $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 0,0005; $MnSO_4 \times 5H_2O$ – 0,05; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,5; $CaCl_2$ – 0,25; $CuSO_4$ – 0,25. Минимальная среда имела аналогичный состав, но не содержала глюкозы. Внесение ГВ в среды осуществляли на 7-е сут культивирования.

Концентрация ГВ 50 мг/л. Отбор мицелия для определения углеводов проводили через 3, 6, 12 и 24 ч после внесения ГВ.

Экстракцию углеводов из мицелия проводили согласно [2] с последующей очисткой экстракта она комбинированной колонке с ионообменными смолами Dowex-1 (ацетатная форма) и Dowex 50W (H^+). Состав углеводов определяли методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ), получая из лиофильно высушенного экстракта триметилсилильные производные сахаров [3].

В качестве внутреннего стандарта использовали α-метил-D-маннозид (Merck, США). Хроматографирование проводили на газожидкостном хроматографе Кристалл 5000.1 (Хроматек, Россия) на капиллярной колонке ZB-5 30 м ×0,32 мм×0,25 мкм (Phenomenex, США) при градиентном нагревании от 130 до 270 °С со скоростью 5–6 °С/мин. В качестве стандартов использовали глюкозу, маннит, арабит, инозит, трегалозу (Sigma, США).

Результаты и обсуждение. Было установлено, что углеводы в цитозоле *T. maxima* представлены, главным образом, трегалозой и глюкозой, которые составляли 90% от общего содержания углеводов. В следовых количествах присутствовали также маннит, арабит и глицерин. При росте гриба на минимальной среде происходило постепенное снижение содержания трегалозы с 80 до 50%, сопровождающееся ростом концентрации глюкозы с 9 до 43% (рис. 1).

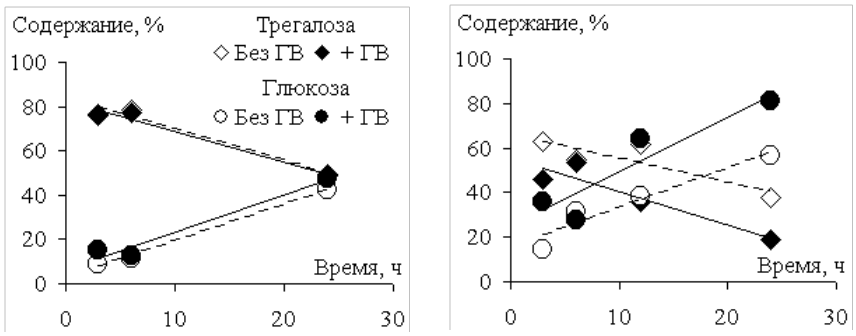


Рисунок 1. Влияние ГВ на содержание трегалозы и глюкозы в цитозоле *T. maxima*.

Можно предположить, что в данных условиях образование глюкозы происходило за счет расщепления трегалозы. Внесение ГВ в условиях минимальной среды незначительно влияло на содержание трегалозы и приводило, в зависимости от времени экспонирования, к увеличению концентрации глюкозы в 1,1–1,6 раза. Можно предположить, что в данных условиях *T. maxima* использовал ГВ в качестве источника углерода, что хорошо согласуется с ранее опубликованными данными [1].

На полной среде наблюдали аналогичную тенденцию: в процессе роста культуры происходило снижение содержания трегалозы и возрастание глюкозы. Внесение ГВ, как и на минимальной среде, со-

провождалось повышением концентрации глюкозы в цитозоле в 1,4–2,5 раза и сопровождалось снижением концентрации трегалозы. Однако, в отличие от культивирования на минимальной среде, внесение ГВ приводило к выраженному снижению концентрации трегалозы.

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что внесение ГВ в питательную среду приводит к увеличению концентрации глюкозы в цитозоле *T. maxima*. Результаты хорошо согласуются с *установленным ранее усилением дыхания* T. maxima под действием ГВ [1] и свидетельствуют о возможном усилении гликолиза.

Список литературы

1. Klein OI, Isakova EP, Deryabina YI et. all. Humic substances enhance growth and respiration in the Basidiomycetes trametes maxima under carbon limited conditions. J Chem Ecol. 2014; 40(6): 643-52
2. Somogui M. Determination of blood sugar. J Biol Chem. 1945; 160: 69
3. Бробст К.М. Газожидкостная хроматография триметилсилильных произвolys[. Под. ред. Ф.Я. Хорлина. М.: Мир. 1975: 9-13

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований 14-34-50568.

СЕКРЕТИРУЕМЫЕ ПЕПТИДАЗЫ И ИНГИБИТОРЫ ПЕПТИДАЗ ФИТОПАТОГЕННОГО ГРИБА *FUSARIUM ANGUIOIDES*

Лавренова В.Н.
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Грибы секретируют во внешнюю среду гидролитические ферменты, при этом спектр внеклеточных ферментов зависит от экологических особенностей грибов. Паразитические виды грибов секретируют соединения, необходимые для проникновения в ткани хозяина, в частности, для фитопатогенных видов характерна секреция трипсин-подобных пептидаз. Цель данной работы заключалась в изучении, выделении и очистке внеклеточных пептидаз из культуральной жидкости гриба *Fusarium anguioides* (штамм 80310) и оценки его трофического статуса.

Для очистки ферментов из культуральной жидкости, полученной после семисуточного погружённого культивирования гриба, были использованы следующие методы: диализ, гель-фильтрация, ионообменная хроматография, нативный электрофорез. Определение активности внеклеточных протеиназ проводилось спектрофотометрически по степени гидролиза синтетических пара-нитроанилидных субстратов N-бензоил-L-аргинил-паранитроанилид (BAPA) и пироглутамил-аланил-аланил-лейцил-паранитроанилид (Glp-AAL-pNa).

В культуральной жидкости были обнаружены трипсин-подобная протеолитическая активность – 520 ед./г сух. мицелия*мин (по BAPA) и субтилизин-подобная протеолитическая активность – 540 ед./г сух. мицелия*мин (по Glp-AAL-pNa). Трипсин-подобная пептидаза проявляла максимальную активность при pH 8–9 и температуре 40 ˚C. Субтилизин-подобная пептидаза имела максимум активности при pH 9–9,5 и температуре 45˚C. Очистка позволила повысить удельные активности трипсин-подобной пептидазы в ≈ 70 раз, субтилизин-подобной пептидазы – в ≈ 200 раз. Исследуемые пептидазы были разделены методом ионообменной хроматографии. Молекулярные массы ферментов, определённые методом гель-фильтрации, составили 22 кДа для трипсин-подобной и 316 кДа для субтилизин-подобной пептидазы. В культуральной жидкости были также обнаружены ингибиторы трипсин-подобных и цистеиновых пептидаз.

Секреция грибом *F. anguioides* трипсин-подобных пептидаз, являющихся маркерами фитопатогенности, подтверждает паразитический характер взаимодействия исследуемого гриба с хозяином. Вместе с тем, высокая активность субтилизин-подобной пептидазы, более характерная для сапротрофных грибов, косвенно свидетельствует о способности *F. anguioides* переходить к сапротрофному способу питания и развиваться в погибших клетках растения. Обнаруженные в культуральной жидкости ингибиторы могут использоваться грибом для защиты пищевых ресурсов от бактерий и других грибов, а также в процессе патогенеза, ингибируя ферменты растения-хозяина.

ВЕГЕТАТИВНЫЕ РЕАКЦИИ СИБИРСКИХ ШТАММОВ *FUSARIUM OXYSPORUM И FUSARIUM SPOROTRICHIOIDES*

Литовка Ю.А., Литвинова Е.А.
Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

У многих представителей рода *Fusarium* отсутствует половой процесс, и наличие вегетативной несовместимости генетически изолирует их друг от друга, что выражается различиями в специализации, морфологии, изоферментных спектрах и т.д. Поскольку вегетативная несовместимость обеспечивает генетическую изоляцию комплекса адаптивных к паразитированию генов, то ее наличие способствует расхождению популяции по паразитической и сапротрофной нишам [1, 2].

Подобного рода исследований о наличии вегетативно несовместимых групп и их связи с фитопатогенными свойствами у сибирских штаммов рода *Fusarium* ранее не проводилось. В связи с чем, данная работа была посвящена изучению вегетативных реакций с помощью метода получения хлорат-резистентных мутантов [2, 3, 4], который широко используется для исследования этой группы грибов.

На 1-м этапе получали хлорат-резистентные мутанты одного из наиболее значимых в сибирском регионе видов *F. oxysporum* Schlecht. при культивировании штаммов на минимальной среде с хлоратом калия. Всего было получено 124 хлорат-устойчивых сектора из 11 культур с частотой секторообразования 3,7 сектора на колонию, которые использовали для выделения nit-мутантов на минимальной среде с нитратом в качестве единственного источника азотного питания. Частота секторообразования nit-мутантов составила 1,7 сектора на колонию; количество полученных nit-мутантов – 48% от общего количества хлорат-устойчивых (табл. 1).

Далее индуцированные nit-мутанты разделили на 3 фенотипа путем высева на среды, содержащие в качестве единственного источника азота гипоксантин или нитрит: nit1 мутанты – nit-мутанты, которые утилизируют нитрит и гипоксантин; NitM мутанты – утилизируют нитрит, но не гипоксантин; nit3-мутанты – утилизируют гипоксантин, но не нитрит. В результате проведенных манипуляций все nit-мутанты были разделены на фенотипы в следующем соотношении: 23% – фенотип NitM; 42% – фенотип nit1 и 35% – фенотипу nit3. Оценку вегетативной совместимости осуществляли путем парного сращивания NitM и nit1 мутантов на минимальной среде с добавлением $NaNO_3$ в качестве единственного источника азота в 96-ячеечных планшетах или чашках Петри в течение 5 сут в темноте (рис. 1).

В результате сращивания мутантов, полученных от штаммов из одного экотопа (семена злаковых растений из одного региона) было зафиксировано 59% случаев вегетативной совместимости; 39% – вегетативной несовместимости (из которых 38,6 % реакций – бордюр, 0,6 % – барраж); 2% реакций были определены как нейтральные. При парном сращивании nit-мутантов, полученных от одного штамма *F. oxysporum*, подавляющее большинство реакций (80 %) характеризовались, как вегетативно совместимые; 20% – индифферентные, что свидетельствует о генетической близости исследуемых клонов.

При парном сращивании nit-мутантов одного вида, но полученных от штаммов, выделенных из различных

Таблица 1. Распределение nit-мутантов *Fusarium oxysporum* по фенотипам.

Исходный штамм	Источник выделения	Количество хлорат устойчивых секторов, шт.	Количество nit мутантов, шт.	Фенотип nit мутантов, шт.		
				NitM	nit1	nit3
Z 3	семена пшеницы	12	4	0	2	2
Z 8		12	3	0	2	1
Z 8-1		12	7	2	2	5
Z 8-2		9	1	0	0	1
Z 10-4		11	7	3	0	4
Z 10-8		12	10	2	5	3
Z 10-10		12	6	2	2	1
Z 11-2		9	3	0	3	0
S 1.1	почва агроценоза	11	6	2	4	0
Б1 смл	семена лиственницы сибирской	12	6	0	3	3
Л 8.1	лесная почва	12	7	0	3	4
Сумма		124	60	11	26	24

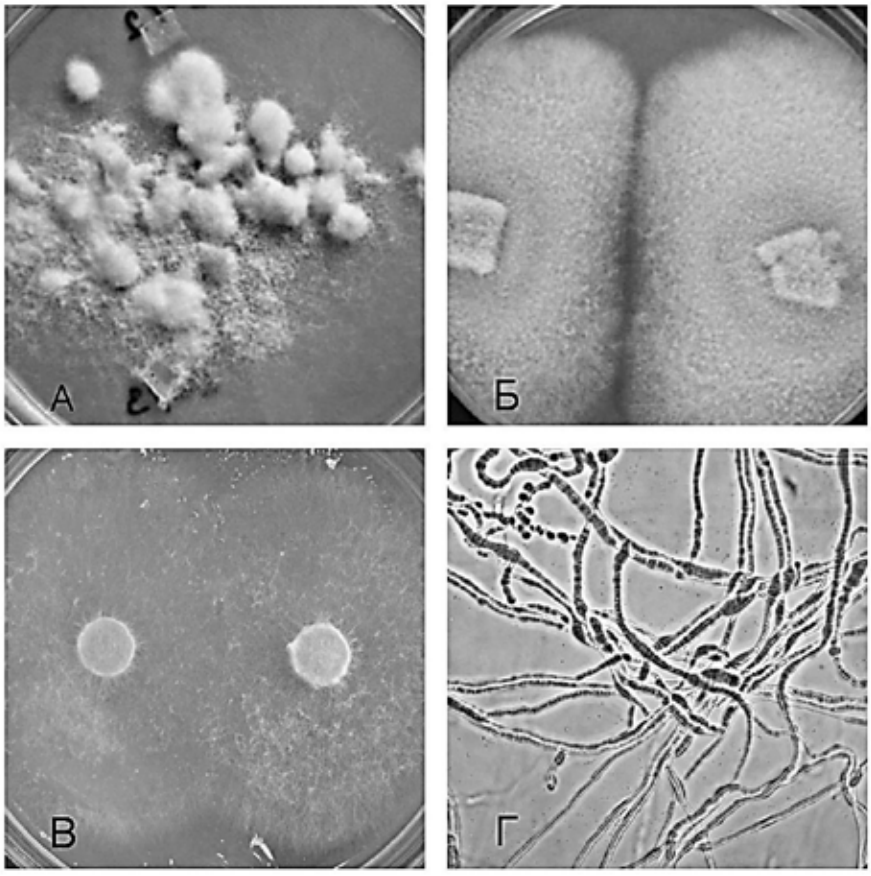


Рисунок 1 – Вегетативные реакции при парном сращивании nit-мутантных штаммов *Fusarium oxysporum.*
А – вегетативная совместимость (образование валика); Б – вегетативная несовместимость (образование бордюра); В – индифферентная реакция (переплетение гиф); Г – вегетативная несовместимость (барраж – вакуолизация и гибель мицелия в зоне контакта).

экотопов (семена и ризосфера злаковых растений; семена хвойных, лесная почва) существенно увеличивается доля несовместимых реакций (бордюр) – до 75%; на долю нейтральных реакций приходится 25% случаев; реакции вегетативной совместимости отсутствуют. Т. обр., данные свидетельствуют о генетической изолированности отдельных популяций в пределах вида *F. oxysporum*, которые имеют территориальную обособленность и различные экологические ниши.

При изучении вегетативных реакций сибирских штаммов *Fusarium sporotrichioides* Sherb. было получено 302 хлорат-устойчивых сектора. При дальнейшем отборе на минимальной среде с различными источниками азота удалось индуцировать 62 nit-мутанта, которые разделились по фенотипам следующим образом: 38,7 % – NitM, 14,4 % – nit1 и 46,8 % – nit3 (рис. 2). Частота секторообразования nit-мутантов было не высокой (0,6 сектора на колонию), что связано с удалением значительного количества хлорат-устойчивых секторов, не соответствующих параметрам позитивного и негативного контроля. При парном сращивании NitM и nit1 мутантов, полученных от штаммов *F.*

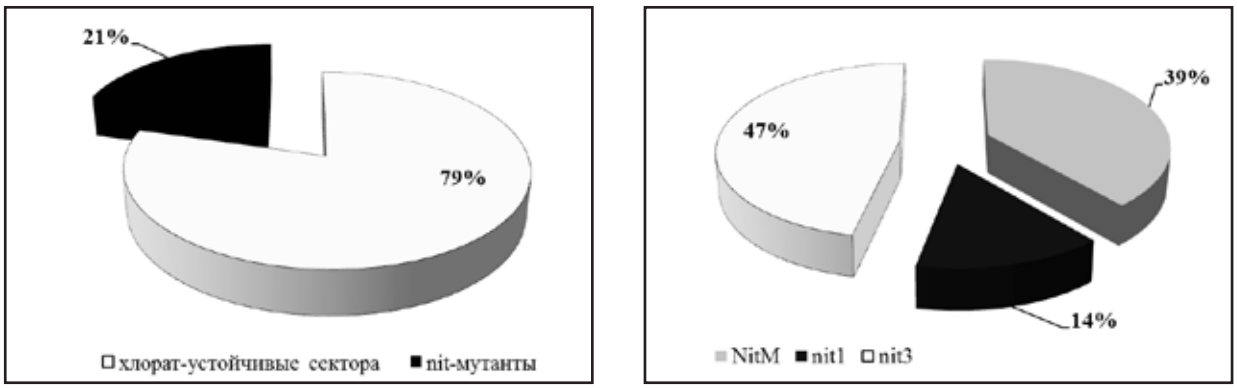


Рисунок 2. Распределение nit-мутантов *Fusarium sporotrichioides* по фенотипам.

sporotrichioides, выделенных из семян пшеницы, вегетативные реакции в 60% случаях были определены как вегетативно совместимые, в 25% – как несовместимые (бордюр) и в 15% – как индифферентные, что свидетельствует о наличии определенной генетической изолированности исследуемых культур. Вегетативные реакции между nit-мутантами, полученными от штамма Z3-06 и его моноспоровых культур сдвинуты в сторону совместимости (84%); остальные 16% реакций были определены как нейтральные. При парном сращивании nit-мутантов, полученных от штаммов *F. sporotrichioides*, выделенных из различных экологических ниш, географически удаленных друг от друга, вегетативные реакции оказались смещены до 68% в сторону несовместимости (бордюр); доля нейтральных реакций составила 32%, совместимых реакций обнаружено не было.

Т. обр., проведенные исследования позволили выявить наличие вегетативно несовместимых групп среди популяций видов *F. oxysporum* и *F. sporotrichioides*, которые занимают различные экологические ниши и пространственно обособлены друг от друга. Наличие вегетативно несовместимых групп подтверждает клональную структуру их популяций и свидетельствует об определенной генетической обособленности.

Список литературы

1. Дьяков Ю.Т., Долгова А.В. Вегетативная несовместимость у фитопатогенных грибов. М.: Изд-во МГУ, 1995: 161 с.
2. Leslie JF, Summerell BA. The Fusarium laboratory manual. USA: Blackwell Publishing. 2006: 388 p.
3. Соколова Г.Д. Клональная изменчивость токсигенности и вегетативная совместимость Fusarium graminnearum. Микол. фитопатол. 2000; 34(2): 63-6.
4. Kiprop EK, Mwangombe AW, Baudoin JP et all. Cultural characteristics, pathogenicity and vegetative compatibility of Fusarium udum isolates from pigeon peas (Cajanus cajcn (L.) Millsp.) in Kenya. Eur J Plant Pathol. 2002; 108: 147-54.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКОЯЩИХСЯ КЛЕТОК *PENICILLIUM ADAMETZII* ЛФ F-2044.1 – ПРОДУЦЕНТА ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ

Михайлова Р.В., Семашко Т.В, Шедько А.А., Демешко О.Д., Лобанок А.Г.

Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Грибная спора – это специализированная клетка, образующаяся в результате бесполого или полового процесса [1–4]. В онтогенезе грибов спору рассматривают как конечную точку жизненного цикла, а процесс спорообразования – как определенную стратегию микроорганизма, позволяющую сохранить геномный материал.

В лаборатории ферментов Института микробиологии НАН Беларуси получен высокоактивный продуцент глюкозооксидазы – *Penicillium adametzii* ЛФ F-2044.1 [5–9].

Разработана технология и НТД на производство ферментного препарата Глюкозооксидаза для клинической диагностики, осуществляется его производства на Биотехнологическом центре Института. Препарат используется для производства отечественных биоэлектрохимических датчиков «Глюкосен» для экспресс-анализа глюкозы в крови больных сахарным диабетом. Показана перспективность его применения для разработки производства амперометрических, потенциометрических и кондуктометрических биосенсоров для определения глюкозы в пищевых продуктах и создания биотопливных элементов.

Цель работы – характеристика биологических свойств спор промышленного продуцента глюкозооксидазы *P. adametzii*, определение влияние стимуляторов на процесс спорогенеза гриба и биосинтез фермента.

Объекты и методы исследования. В работе в качестве объекта исследований использовали споры *P. adametzii* 2-х видов – полученные при выращивании гриба на агаризованной среде Чапека и на производственной сыпучей среде.

Для световой микроскопии (×250 или ×400) споры *P. adametzii* выращивали на агаровых пластинках и готовили образцы по методу Пидопличко [10], жизнеспособность спор определяли методом Коха [11], гидрофобность и гидрофильность по методу [12].

В качестве стимуляторов спорогенеза *P. adametzii* использовали: рибофлавин, холин хлорид, глутаминовую и аспарагиновую кислоты, метионин, глутатион, трегалозу, глюконат кальция, сорбит (концентрации 10^{-3}-10^{-5} М), этанол ($2{\cdot}10^{-2}$ – 10^{-3} М), 4-гексилрезорцин и 5-метилрезорцин (10^{-4} – 10^{-6} М).

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ жизнеспособности спор *P. adametzii* показал, что у посевного материала, полученного при выращивании гриба на агаризованной среде Чапека, этот показатель составляет 63,8%. Жизнеспособность спор сыпучего посевного материала, достигающая 84,2%, показывает преимущество данного вида посевного материала для проведения ферментационных процессов.

Установлено, что споры двух видов посевного материала характеризуются сферической формой, имеют гладкую поверхность, утолщенную клеточную стенку и практически не отличаются по физическим разме-

рам. Гидрофобность поверхности грибных спор, является важным фактором, характеризующим неспецифическое взаимодействие мицелиальных грибов с субстратами. Этот параметр определялся с помощью теста распределения фазы, позволяющим вычислить коэффициент распределения клеток между водой и органической фазой (толуолом). Наименьшая вариабельность результатов отмечена при использовании споровых суспензий *P. adametzii* в концентрации (1,1–1,9)·10^7 спор/мл (оптическая плотность D_{600}= 0,44 – 0,79).

Показано, что, у обоих типов посевного материала *P. adametzii* наблюдается преобладание гидрофобных спор (68,7±5,8%; 66,1±5,5%) над гидрофильными. Индекс гидрофобности в этих случаях составляет 0,98±0,06 и 0,95±0,06. Анализ стандартных отклонений полученных результатов показал наличие перекрывающихся интервалов, что свидетельствует об отсутствии различий между данными показателями.

Для изучения влияния стимуляторов спорогенеза *P. adametzii* споровую суспензию гриба (5×10^6 спор/мл) инкубировали 1–3 ч с каждым из используемых стимуляторов, а затем обработанные споры высевали на пластинки с агаром Чапека и в среду для глубинного культивирования продуцента. В первом случае изучали жизненный цикл гриба, а во втором –анализировали процесс биосинтеза фермента.

Первоначально было установлено, что используемые для посева обработанные споры не отличались по морфологическим признакам и физическим размерам. Описан жизненный цикл гриба при поверхностном культивировании в контрольном и опытных вариантах проведенного исследования. Прорастание спор, гифальный рост, дифференцировка гиф и образование органов спороношения были аналогичными во всех вариантах опыта (рис. 1; см. след стр.).

Отмечено различие по длительности жизненного цикла *P. adametzii* при использовании обработанных спор. Длительность цикла развития гриба в контрольном варианте составила 96 ч. Сокращение процесса на 48 ч отмечено при применении спор, обработанных глюконатом кальция (10^{-3}–10^{-4} М), на 24 ч – этанолом (2·10^{-2}, 1·10^{-2} М). Удлинение цикла развития *P. adametzii* на 24 ч выявлено при росте культуры из спор, инкубированных с 4-гексилрезорцином и 5-метилрезорцином (10^{-4} – 10^{-6} М).

В условиях глубинного культивирования споры *P. adametzii* начинают прорастать в 10–12 ч от начала процесса во всех вариантах опыта, за исключением варианта с использованием спор, обработанных глутаминовой кислотой, прорастающих на 6 ч ферментации. Гриб рост только в форме пеллет, мицелиальный рост отсутствовал.

Использование для глубинного культивирования спор *P. adametzii*, обработанных 4-гексилрезорцином, 5-метилрезорцином, глутаминовой кислотой, глутатионом, метионином, рибофлавином, трегалозой и холин хлоридом приводит к повышению уровня образования глюкозоксидазы на 7,5 – 13,3%, а глюконатом кальция, сорбитом и этанолом – на 32,0–46,0% (рис. 2; см. след. стр.).

В результате выполнения исследований охарактеризованы споры *P. adametzii*. Показано, что, независимо от вида посевного материала, наблюдается преобладание гидрофобных спор над гидрофильным. Описан жизненный цикл гриба при поверхностном культивировании, установлены стимуляторы и ингибиторы развития культуры. Установлено, что использование в качестве посевного материала для глубинного культивирования *P. adametzii* спор, обработанных выявленными эффекторами биосинтеза глюкозооксидазы, обеспечивает повышение на 7,5 – 46,0 % уровня образования фермента грибом.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ-РФФИ (грант № Б14 Р-144).

Список литературы.

1. Феофилова Е.П., Ивашечкин А.А., Алехин А.И., Сергеева Я.Э. Споры грибов: покой, прорастание, химический состав и значение для биотехнологии. Прикл. биохим. микробиол. 2012; 48(1): 3-17.
2. Dahlberg KR, Etten J.L. Physiology and biochemistry of fungal sporulation. Annu Rev. Phytopathol. 1982; 20: 281-301
3. Osherov N, May GS. The molecular mechanisms of conidial germination. FEMS Microbiol Lett. 2001; 199: 153-60.
4. Феофилова Е.П., Алехин А.И., Гончаров Н.Г. и др. Фундаментальные основы микологии и создание лекарственных препаратов из мицелиальных грибов. М.: Нац. акад. микол. 2013:152.
5. Roehr M, Kubicek ChP, Kominek J. Gluconic acid. Biotechnology; Ed. by HS. Rehm, G Reed. 1996; 6: 347-62.
6. Wilson GS, Hu Y. Enzymed-based biosensors for in vivo measurements. Chem Rev. 2000; 100: 2693-704.
7. Ramanavicius A, Voronovic J, Semashko T. et all. Comparison of glucose oxidases from Penicillium adametzii, Penicillium funiculosum and Aspergillus niger in the design of amperometric glucose biosensors Analyt Sci. 2014; 30(12): 1143-9.
8. Михайлова Р.В., Жуковская Л.А., Лобанок А.Г. Изучение спонтанной изменчивости Penicilium adametzii ЛФ F-2044 – продуцента глюкозооксидазы. Прикл. биохим. микробиол. 2007; 43(2): 207-11.
9. Еремин А.Н., Макаренко М.В., Жуковская Л.А. Михайлова Р.В. Выделение и характеристика внеклеточной глюкозооксидазы Penicilium adametzii ЛФF-2044.1. Прикладн. биохим. микробиол. 2006; 42(3): 343-52.
10. Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Методы экспериментальной микологии: справочник. Киев: Наукова думка. 1982: 551 с.
11. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: «Академия». 2005: 608 с.
12. Mozes N, Rouxhet PG. Methods for measuring hydrophobicity of microorganisms. J Microbiol Meth. 1987; 6: 99-112.

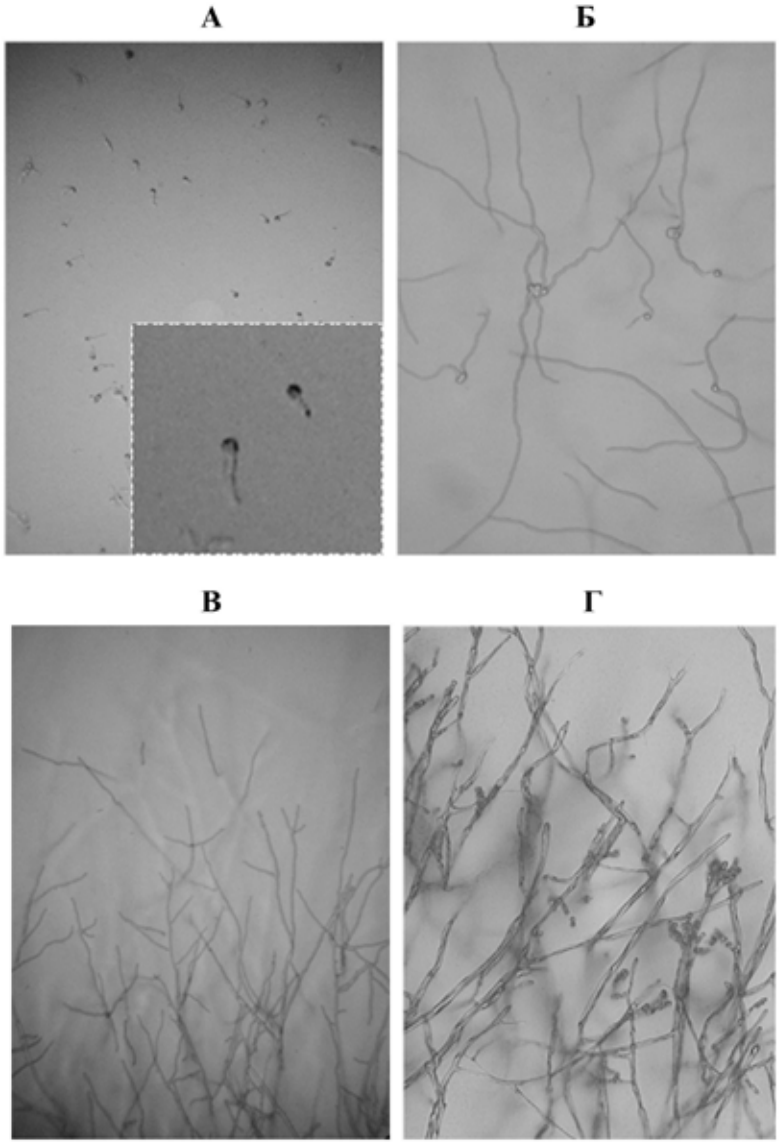


Рисунок 1. Жизненный цикл *P. adametzii*: прорастание спор (А), ветвление и дифференцировка (Б, В), образование органов спороношения (Г)

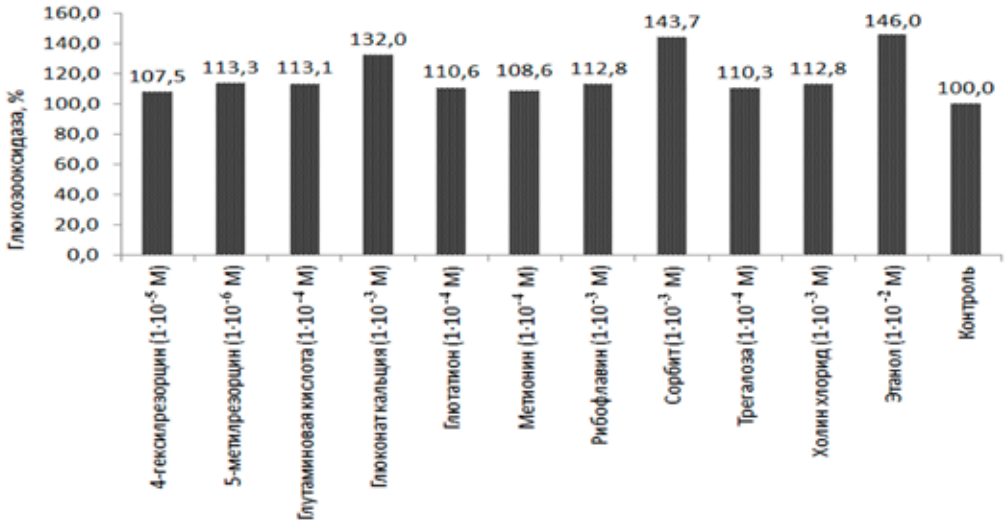


Рисунок 2. Эффекторы биосинтеза глюкозооксидазы *P. adametzii*

ПРОРАСТАНИЕ ПОКОЯЩИХСЯ СПОР МУКОРОВЫХ ГРИБОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ И ЛИПИДНОГО СОСТАВА

Мысякина И.С., Феофилова Е.П.

Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского Российской академии наук, Москва

У спор мицелиальных грибов различают несколько типов покоя (dormancy) и среди основных рассматриваются два – конститутивный и экзогенный. Первый тип покоя – конститутивный или эндогенный, глубокий – отличается сложной многоступенчатой регуляцией процессов прорастания (цитоплазматическая регуляция).

Появление воды в данном случае недостаточно для перехода в стадию активного метаболизма, так как процесс контролируется системой цАМФ, специальными ингибиторными соединениями, а также имеется контроль системой клеточных барьеров и метаболических блоков. Считается, что второй тип покоя – экзогенный – отличается более простой системой регуляции, и для начала прорастания достаточно удалить лимитирующий фактор, которым чаще всего является отсутствие экзогенной воды. Этот тип покоя свойствен вегетативным спорам, например, конидиям, спорангиоспорам.

Тем не менее, несмотря на распространенность экзогенного покоя, информация о нем весьма ограниченна. Можно предположить, что экзогенный покой может иметь несколько типов, от которых зависит скорость прорастания спор, и многое в этом процессе зависит от наличия экзогенных соединений, метаболизма углеводов и липидов, а также от условий, в которых происходило формирование спор.

В микробиологической практике главной характеристикой спор грибов, используемых для посева, считается процент их прорастания. Согласно литературным данным? у некоторых грибов на способность спор к прорастанию влияют их влажность и возраст [1-3]. Известно, что липиды грибных спор, наряду с углеводами, являются резервным энергетическим и строительным материалом, который используется на этапе прорастания. Кроме того, они участвуют в регуляции биохимических процессов, и их состав и количество оказывают влияние на рост грибов, а также показано, что в процессе онтогенеза грибов и развития спорангиоспор их липидный состав изменяется.

Спорангиоспоры мукоровых грибов являются не столько переживающими, сколько пропагативными структурами, их метаболизм более лабилен, менее заингибирован, чем у конститутивно покоящихся зигоспор, и в большей степени зависит от условий культивирования. Так, при длительном сроке культивирования спорогенных культур грибов *Mucor circinelloides* var. lusitanicus и *M. hiemalis* F-1156 на пшеничных отрубях наблюдалась сниженная способность спорангиоспор к прорастанию в минеральной среде с глюкозой и дрожжевым экстрактом.

Спорангиоспоры как молодых, так и старых культур при помещении в стерильную дистиллированную воду не набухали при наблюдении в течение нескольких суток; для прорастания им требовался источник азота (мочевина) и углерода (глюкоза) в среде. При посеве в жидкую питательную среду споры молодых (3–5-суточных) культур начинали поглощать воду (набухать) уже через 15–20 мин после инокуляции, и к концу 1 сут роста непроросших спор в культуральной жидкости не наблюдалось. Споры старых культур (14–20-суточных) в тех же условиях набухали и прорастали значительно медленнее, а доля непроросших спор была весьма высокой (29–35%). Споры 7–10-суточных культур имеют оптимальный состав жирных кислот и других липидов, необходимый для сохранения жизнеспособности на высоком уровне.

Снижение степени ненасыщенности жирных кислот, а также содержания нейтральных липидов, ФХ, ФЭА, ФС и КЛ и возрастание доли ФК и ГЛ в более старых спорах отражают общее снижение энергетического потенциала этих клеток, что оказывает существенное влияние на жизнеспособность и процесс прорастания спор.

Эти данные свидетельствуют о том, что спорангиоспоры *Mucor circinelloides* var. lusitanicus и *M. hiemalis* F-1156 предназначены, в основном, не для длительного переживания вида, а для его быстрого распространения. Мы полагаем, что, несмотря на неспособность быстрого прорастания в воде без источников углерода и азота, они находятся в состоянии одного из видов экзогенного покоя, т.к. после 14 сут пребывания в стерильной дистиллированной воде было отмечено формирование ростовых трубок у небольшой части спорангиоспор. Следует также иметь в виду, что задержка прорастания части спорангиоспор может быть вызвана неодновременным выходом спор из состояния покоя, т.е. гетерогенностью споровой популяции, что свойственно популяциям покоящихся форм.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-03484).

Список литературы

1. Agosin T, Volpe D, Munoz G et all. Effect of culture conditions on spore shelf life of the biocontrol agent Trichoderma harzianum. World J Microbiol Biotechnol. 1997; 13(2): 225-32.
2. Mari M, Cembali T, Casalini L, Pratella GC. Mucor species in orchard soil-population-dynamics and pathogenicity on pear fruits. Eur J Plant Pathol. 2000; 106(5): 449-54.
3. Brookman JL, Ozkose E, Rogers S et all. Identification of spores in the polycentric anaerobic gut fungi which enhance their ability to survive. FEMS Microbiol Ecol. 2000; 31(3): 261-7.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОТКРЫТОГО КОСМОСА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ

Понизовская В.Б.[1], Дьяков М.Ю.[1], Ребрикова Н.Л.[2], Антропова А.Б.[3], Мокеева В.Л.[1], Биланенко Е.Н.[1]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991
[2]Государственный научно-исследовательский институт реставрации Министерства культуры РФ, Москва, 109014
[3]Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И.Мечникова РАМН, Москва, 105064

В настоящее время активно развивается астробиология (экзобиология), одной из задач которой является изучение возможности существования живых организмов на других планетах [1]. В связи с этим актуален вопрос о пределах существования жизни, об экстремальных условиях, которые способны выдерживать живые организмы.

Известно, что микромицеты, будучи космополитами и эврибионтами, способны осваивать недоступные для других организмов субстраты. Грибы живут в щелочных и кислых почвах, обнаружены в Арктических льдах и гиперсоленых водоемах [2, 3]. Это связано с их способностью выдерживать колебания многих экологических факторов в широких пределах. Так, микромицеты наименее чувствительны к недостатку влаги по сравнению с другими микроорганизмами, некоторые из них способны существовать при крайне низких значениях активности воды субстрата, достигающих 0,6. Кроме того, микромицеты могут проявлять устойчивость к высоким (термофилы), а также к низким (психрофилы) температурам [4]. Так, споры грибов из родов *Aspergillus* и *Cladosporium* сохраняют жизнеспособность даже при понижении температуры до -196 °С [5-6]. Показана устойчивость грибов *A. fumigatus, Hormoconis resinae, Phialophora* spp. к высоким температурам: до 80 °С, 60 °С и 55 °С соответственно [7]. Есть сведения о том, что грибы успешно функционируют внутри космических кораблей и способны выживать даже в открытом космосе, а также в условиях наземного моделирования космических факторов [1, 8, 9]. Однако влиянию факторов космического полета на грибы посвящено очень мало работ.

Целью работы– изучение влияния условий открытого космоса на жизнеспособность микромицетов.

Работа проводилась в рамках программы экспериментов на космическом аппарате (КА) Фотон-4 М.

Для исследования были отобраны 20 видов грибов из 14 родов, выделенных из строительных материалов на минеральной основе (цементной и известковой штукатурки и белого камня): *Acremonium charticola (Lindau) W. Gams, A. furcatum* Moreau & R. Moreau ex Gams, *A. potronii* Vuill., *Aspergillus versicolor* (Vuill.) *Tirab., A. niger Tiegh., Chaetomium globosum Kunze, Cladosporium sphaerospermum* Penz., *Engyodontium album* (Limber) de Hoog, *Epicoccum purpurascens Ehrenb., Geomyces pannorum* (Link) Sigler & J.W. Carmich., *Lecanicillium kalimantanense* Kurihara & Sukarno, *Mortierella alpina* Peyronel, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. chrysogenum* Thom, *P. verrucosum* Dierckx, *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson, *Sarocladium kiliense* (Grütz) Summerb., *S. strictum* (W. Gams) Summerb., *Trichoderma harzianum* Rifai, *Verticillium zaregamsianum* Inderb., Usami, Kanto, R.M. Bostock, R.M. Davis & Subbarao.

Споры исследуемых видов грибов вносили в стерильный кварцевый песок, не содержащий органических примесей, в концентрации 10^5 спор/г, тщательно перемешивали. Песок со спорами поместили в пробирки фирмы Eppendorf (Германия), по 3 пробирки каждого вида гриба. Пробирки со спорами микромицетов находились во внешних герметичных контейнерах КА Фотон-М, закрытых крышкой из кварцевого стекла. Длительность полета аппарата составила 45 сут, средняя высота орбиты – 575 км.

Для определения жизнеспособности спор микромицетов после полета пробы высевали на питательную среду сусло-агар (СА). Посев делали модифицированным методом почвенных разведений. Каждую пробу сеяли в 3-х повторностях. Через 10 сут подсчитывали число выросших колоний, пересчитывали на грамм пробы, условно считая, что каждая выросшая колония на чашке с питательной средой вырастает из 1 колониеобразующей единицы (КОЕ), которая представляет собой спору гриба.

После 45-суточного пребывания на космической орбите споры 13 из 20 исследованных грибов сохранили жизнеспособность. У 2-х из 20-ти исследованных видов грибов, A*cremonium potronii u Aspergillus versicolor*, практически все споры не утратили жизнеспособность (среднее значение КОЕ/г составило $1{,}4\times10^5$). У 5-ти видов грибов, *A. niger, Chaetomium globosum, Penicillium chrysogenum, P. verrucosum u Purpureocillium lilacinum*, в среднем проросло 10% спор от изначального числа ($1{,}2\times10^4$, $6{,}7\times10^4$, $1{,}2\times10^4$, $3{,}6\times10^4$ и 4×10^4 КОЕ/г пробы соответственно). У 4-х видов, *Acremonium charticola, Cladosporium sphaerospermum, Penicillium aurantiogriseum u Sarocladium kiliense*, в среднем жизнеспособным оказался 1% спор ($1{,}4\times10^3$, $9{,}7\times10^3$, $4{,}6\times10^3$ и $6{,}7\times10^3$ КОЕ/г пробы соответственно). У *Lecanicillium kalimantanense* и *Trichoderma harzianum* в среднем сохранил способность к прорастанию всего 0,1% спор (2×10^2 и 1×10^2 КОЕ/г пробы соответственно), причем, у этих грибов споры выжили лишь в 1 пробирке из трех. У 7 видов (*Acremonium furcatum, Engyodontium album, Epicoccum purpurascens, Geomyces pannorum, Mortierella alpina, Sarocladium strictum u Verticillium zaregamsianum*) все споры погибли.

Некоторые из изученных нами видов микромицетов приспособлены к обитанию в экстремальных условиях. Так, *A. versicolor, A. niger u Cladosporium sphaerospermum* обнаружены в Мертвом море [10], *Penicillium chrysogenum* – в арктических льдах [2], а

Acremonium potronii – в морских местообитаниях [11] Для *A. versicolor* известен факт выживания в условиях космического пространства [8].

Таким образом, по нашим и данным литературы [1, 8, 12], микромицеты способны сохранять жизнеспособность в условиях открытого космоса, и дальнейшее изучение этой проблемы является перспективным.

Список литературы

1. Onofri S, Barreca D, Selbmann L et al. Resistance of Antarctic black fungi and cryptoendolithic communities to simulated space and Martian conditions. Studies in mycology. 2008; 61: 99-109.
2. Gunde-Cimerman N, Sonjak S, Zalar P et all. Extremophilic fungi in arctic ice: a relationship between adaptation to low temperature and water activity. Phys Chem Earth. 2003; 28(28-32): 1273-8.
3. Grum-Grzhimaylo AA, Georgieva ML, Bondarenko SA et all. On the diversity of fungi from soda soils. Fungal diversity. 2015. doi 10.1007/s13225-015-0320-2
4. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ. 1988: 220 с.
5. Scott JA, Forsyth TJ. Thermophilic microorganisms in aircraft fuel. Int Biodeteriorat Bull. 1976; 12(1):1-4.
6. Билай В.И., Коваль Э.З. Рост грибов на углеводородах нефти. Киев: Наук. думка, 1980: 340 с.
7. Васильева А.А., Чекунова Л.Н., Полякова А.В. Влияние температуры на рост и жизнеспособность Hormoconis resinae и Phialophora sp., развивающихся в авиационном топливе. Микол. фитопатол. 2009; 43(4): 2009.
8. Свистунова Ю.В. Влияние факторов космического пространства и орбитального полета на состояние систем «микроорганизмы-конструкционные материалы». Дисс. ... канд. биол. наук. М. 2007.
9. Алехова Т., Александрова А., Захарчук Л. и др. Микроорганизмы на Российском сегменте международной космической станции (РК МКС) и их возможное влияние на функционирование станции. Интеграл. Н.-практ. межотрасл. журн. 2009; 2-3. 26-9.
10. Kis-Papo T, Grishkan I, Oren A et all. Spatiotemporal diversity of filamentous fungi in the hypersaline Dead Sea. Mycol. Res. 2001; 105(6): 749-56.
11. Zuccaro A, Summerbell RC, Gams W et all. A new Acremonium species associated with Fucus spp., and its affinity with a phylogenetically distinct marine Emericellopsis clade. Stud Mycol. 2004; 50: 283-97.
12. Sancho LG., de la Torre R, Horneck G et al. Lichens survive in space: results from the 2005 LICHENS experiment. Astrobiology. 2007; 7(3): 443-54.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ МИКРОМИЦЕТАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РОСТА

Сазанова К.В., Власов Д.Ю., Осмоловская Н.Г., Щипарёв С.М.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Способность грибов продуцировать в среду большое количество органических кислот хорошо известна и успешно применяется в биотехнологии. Ацидофикация во многом определяет геохимическую роль микромицетов, их значение в выветривании горных пород и первичном почвообразовании. Микроскопические грибы поселяются на различных минералах и горных породах, вызывают разрушение искусственного камня [1]. Несмотря на пристальное внимание к вопросам взаимоотношений организмов данной экологической группы с субстратом, многие экологические и физиологические аспекты кислотопродуцирующей деятельности микромицетов до последнего времени оставались мало исследованными.

Цель работы – выявление основных закономерностей образования органических кислот микроскопическими грибами при воздействии различных факторов среды.

Объектами исследования служили культуры следующих видов грибов: *Aspergillus niger, A. ustus, A. versicolor, Aureobasidium pullulans, Botrytis cinerea, Cladosporium sphaerospermum, Fusarium oxysporum, Geomyces pannorum, Mucor heterosporum, Penicillium brevicompactum, P. chrysogenum, P. citrinum, P. funiculosum, P. griseo-purpureum, P. olivaceum, P. olivino-viride, P. oxalicum, P. raperi, P. spinulosum, P. vitale, Rhodotorula colostri, Scopulariopsis brevicaulis, Trichoderma viride* и *Ulocladium chartarum.* Для культивирования использовали стандартные базовые питательные среды, различающиеся по источнику азота и концентрации сахаров: нитратная среда Чапека ($NaNO_3$ – 3,0 г/л, глюкоза – 30,0 г/л) и нитрат-аммонийная среда Роллена (NH4NO3 – 3.0 г/л, глюкоза – 50,0 г/л). Также использовались среды с различными источниками углерода (глюкоза, фруктоза, сахароза, Са-глюконат в концентрациях 10, 30 и 50 г/л). В опытах с добавлением в питательную среду $CaCO_3$ его вносили в концентрации 0.2%. В экспериментах по влиянию цинка и меди на кислотопродукцию грибов металлы вносили в среду в форме сульфатных солей $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ и $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в концентрациях от 25 мкМ до 2 мМ/л. Анализ продуцируемых грибами в среду карбоновых кислот проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent с масс-селективным детектором 5975C (США).

На основании скрининга ацидофицирующей активности микромицетов в условиях культуры у 18 из 24 изученных видов выявлено выделение органических кислот в среду в процессе роста. Было установлено, что основными кислотами, образуемыми и выделяемыми грибами в среду, являются глюконовая, яблочная, янтарная, лимонная, фумаровая и щавелевая.

Глюконовая кислота является продуктом, синтезируемым преимущественно экстраклеточно [2, 3] и образуется грибами в больших количествах только на средах, содержащих в качестве источника углерода глюкозу. На примере модельных объектов *A. niger и P. citrinum* показано, что в глюконовую кислоту преобразуется до 25% глюкозы, имеющейся в среде. При этом активное окисление глюкозы в глюконат, по-видимому, способствует более эффективному использованию углеродного субстрата грибами, образующими кислоты (*P. citrinum* и *A. niger*). Эксперименты показали, что глюконовая кислота не уступает сахарам, как питательный субстрат для роста грибов.

Яблочная, янтарная, лимонная и фумаровая кислоты выделяются только при повышенной концентрации сахаров в среде (более 30 г/л), высоком соотношении C/N и преимущественно на нитратном источнике азота по сравнению с нитрат-аммонийным. Продуцирование грибами кислот-интермедиатов цикла Кребса, скорее всего, маловероятно в природных литобионтных сообществах.

Щавелевая кислота преобладает среди кислот, выделяемых грибами в условиях культуры и, по-видимому, является основной кислотой, продуцируемой микромицетами в естественной среде обитания. Её выделение в меньшей степени зависит от концентрации сахаров, чем выделение кислот цикла Кребса. Щавелевая кислота выделается модельными объектами *A. niger* и *P. citrinum* даже при концентрации сахаров 10 г/л. Однако, её образование заметно снижается в условиях роста на нитрат-аммонийном источнике азота по сравнению с нитратным.

Выделение оксалата стимулируется карбонатом кальция. При этом среди штаммов A. niger, выделенных с различных субстратов, наиболее активно выделяют щавелевую кислоту изоляты с субстрата, содержащего кальций в высокой концентрации (штукатурка, карбонатные горные породы). Можно полагать, что продукция оксалата имеет адаптивное значение для грибов, обитающих на кальций-содержащих субстратах.

Среди экологических факторов, воздействующих на грибы в естественной среде обитания, одним из наиболее существенных и влияющих на рост и ацидофицирующую активность грибов, является воздействие тяжёлых металлов. При внесении в среду цинка в концентрациях, подавляющих рост микромицетов на 30-50% (2 mM) на нитратных средах, происходит стимуляция продукции оксалата, а на мицелии формируются кристаллогидраты оксалата цинка. На нитрат-аммонийных средах цинк не стимулирует продукцию щавелевой кислоты, и рост мицелия при этом замедляется в большей степени, чем на нитратной среде. Большая часть мицелия при этом приобретает атипичный вид с доминированием увеличенных в размерах клеток.

Образование щавелевой кислоты на нитратной среде стимулируется медью только при её низкой концентрации (25 мкМ). Однако в процессе длительной адаптации к Cu происходит увеличение активности продукции этой кислоты. По-видимому, адаптация к меди также связана с увеличением выделения оксалата, но происходит в течение длительного времени и сохраняется на уровне штамма.

Полученные данные подтверждают высокую лабильность и индуцибельность ферментных систем, отвечающих за метаболизм органических кислот грибов в зависимости от условий роста. Для грибов в литобионтных сообществах, по-видимому, характерно образование преимущественно щавелевой кислоты, которая играет важную роль при адаптации грибов к высоким концентрациям металлов в среде. Интенсивность образования оксалата может увеличиваться под воздействием и других стрессовых факторов, в частности под влиянием ультрафиолетового облучения в сублетальных дозах [4]. Возможно, в данном случае увеличение интенсивности образования оксалата может рассматриваться как элемент защиты мембран от повреждающего воздействия [5]. Выделение щавелевой кислоты, таким образом, является важным адаптивным свойством многих микромицетов. Глюконовая кислота выполняет преимущественно трофическую функцию, повышая эффективность использования грибами других углеродных субстратов, и может использоваться как источник углерода для роста микромицетов. Образование кислот цикла Кребса, по-видимому, обусловлено в большей степени повышенными концентрациями углеводов и маловероятно в условиях in situ.

Список литературы

1. Власов Д. Ю. Грибные организмы в экстремальных экологических системах: биологическое разнообразие и сущность взаимодействий. Биосфера. 2011; 3(4): 479-92.
2. Magnuson JK, Lasure LL. Organic acid production by filamentous fungi. Advances in fungal biotechnology for industry, agriculture, and medicine. 2004: 307-40.
3. Ramachandran S, Fontanille P, Pandey A, Larroche C. Gluconic acid: a review. Food Technol Biotechnol. 2006; 44(2): 185-95.
4. Сазанова К.В., Кирцидели И.Ю. Влияние ультрафиолетового облучения на микроскопические грибы, изолированные из антарктических местообитаний. Микол. фитопатол. 2014; 48(5): 315-21.
5. Zheng X, Tian S, Meng X, Li B. Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. Food Chemistry. 2007; 104: 156-62.

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА ФОСФАТИДИЛХОЛИНА НА РОСТ, МОРФОГЕНЕЗ И СОСТАВ МЕМБРАННЫХ ЛИПИДОВ БАЗИДИАЛЬНОГО ГРИБА *FLAMMULINA VELUTIPES*

Сеник С.В., Котлова Е.Р.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург.

Участие мембранных липидов в регуляции различных физиологических процессов, включая рост и развитие, в настоящее время не вызывает сомнений. Это утверждение относится преимущественно к фосфоинозитидам, фосфатидным кислотам и сфинголипидам – липидным участникам сигнальных каскадов, прямо или опосредованно влияющим на активность целого ряда регуляторных ферментов (протеинкиназ, протеинфосфатаз и др.). Относительно регуляторной активности других липидов известно меньше. Так, например, показано наличие определенной зависимости соотношения двух основных классов мембранных липидов – фосфатидилхолинов (ФХ) и фосфатидилэтаноламинов (ФЭ) – от стадии роста и развития грибов [1–4]. Однако механизмы, лежащие в основе этой зависимости, остаются неисследованными, а сама взаимосвязь установлена исключительно на уровне корреляций.

В целях экспериментального подтверждения морфогенных эффектов различных соотношений ФХ/ФЭ были проведены эксперименты по ингибированию синтеза ФХ у Flammulina velitipes. Для подавления синтеза ФХ в настоящее время используются два типа ингибиторов – действующие на ферменты пути Кеннеди (гексадецилфосфохолин, хлорфенилтио-цАМФ, фарнезол) и ингибирующие реакции метилирования ФЭ (безафибрат, клофибрин и др.) [5, 6] (рисунок).

У животных ФХ синтезируются преимущественно через путь Кеннеди, и только в гепатоцитах – по пути метилирования (через ЦДФ-ДАГ). К сожалению, метаболизм ФХ у грибов подробно изучен только у дрожжей Saccharomyces cerevisiae, в клетках которых ФХ образуются в результате метилирования ФЭ, и только в присутствии экзогенного холина – по пути Кеннеди [7]. Специальных исследований, направленных на выяснение, какими путями синтезируются ФХ и ФЭ у базидиомицетов, а также каким образом осуществляется у них регуляция фосфолипидного метаболизма, не проводилось. В связи с этим в эксперименте были использованы оба типа ингибиторов – блокирующие путь метилирования за счет подавления активности метилтрансфераз (безафибрат, клофибрин), а также прерывающие путь Кеннеди на участке, катализируемом ЦДФ-холин:ДАГ-холин-фосфотрансферазой (фарнезол).

Поверхностные культуры F. velutipes выращивали при 25°С (без света) на средах с растворенными в DMSO ингибиторами (в концентрации – 200 мкМ и 1мМ) (опыт) или только с добавлением DMSO (контроль). Концентрация DMSO в среде с ингибиторами и в контроле составляла 0.5%. Липиды экстрагировали из 7 сут мицелия по методу B.W. Nichols [8] с модификациями, разделение индивидуальных классов липи-

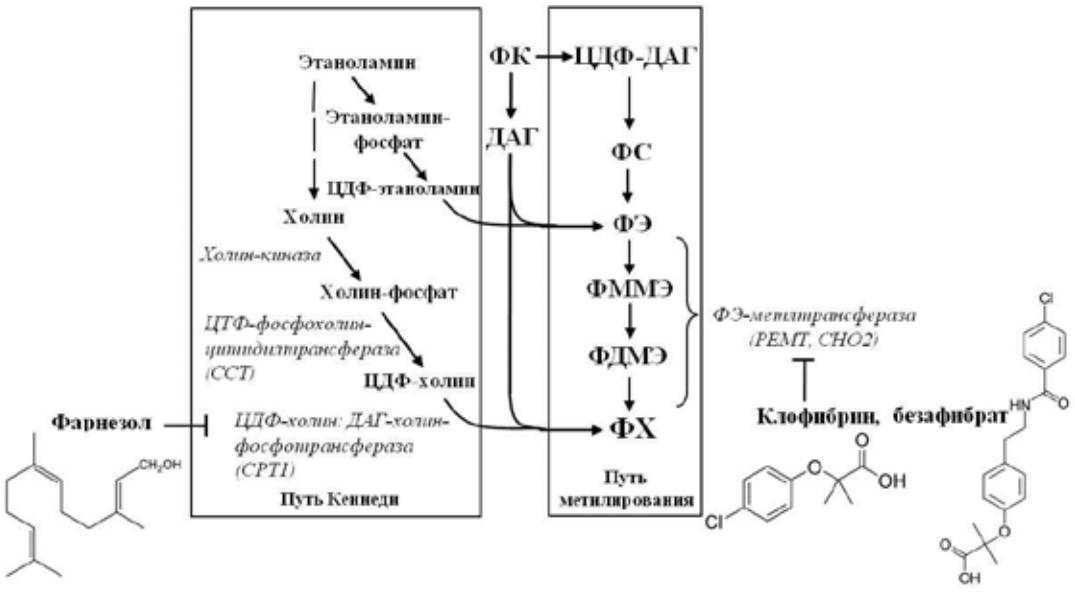


Рисунок. Пути синтеза фосфатидилхолинов и мишени действия ингибиторов. ДАГ- диацилглицерины, ФДМЭ – фосфатидилдиметилэтаноламины, ФК – фосфатидные кислоты, ФММЭ – фосфатидилмонометилэтаноламины, ФС – фосфатидилсерины, ФХ – фосфатидилхолины, ФЭ – фосфатидилэтаноламины.

дов проводили с помощью двумерной ТСХ [9]. Количество липидов определяли денситометрически.

При введении в среду культивирования безафибрата и клофибрина в концентрациях 200 мкМ и 1мМ изменений в интенсивности роста колоний или морфологии мицелия не наблюдалось. В культурах, выращенных с 200 мкМ фарнезолом, отмечалось значительное снижение скорости роста, а 1мМ фарнезол практически полностью подавлял рост колонии. Ранее ингибирующее действие фарнезола было продемонстрировано для несовершенных грибов. В частности, фарнезол тормозил мицелиальной рост и блокировал образование биоплёнок Candida albicans, подавляя переход от дрожжевого типа роста к вирулентному мицелиальному фенотипу гриба, а также вызывал апоптоз у Aspergillus nidulans и *S. cerevisiae* [10 – 12].

Однако торможение ростовых процессов в культурах *F. velutipes*, выращенных с фарнезолом, не сопровождалось усилением дифференцировки клеток (появлением толстостенных, фрагментированных, вакуолизированных или дейтероплазматических гиф), характерным для культур, находящихся в стрессовых условиях. Отличительной особенностью мицелия, выращенного на средах с фарнезолом, являлось развитие многочисленных синусоидально изогнутых (возможно, спиральных) вегетативных гиалиновых гиф.

Интенсивное действие фарнезола (ингибитора ЦДФ-холин: ДАГ-холин-фосфотрансферазы) и отсутствие какого-либо влияния двух ингибиторов ФЭ-метилтрансферазы позволяют предположить, что биосинтез ФХ у *F. velutipes* осуществляется преимущественно по пути Кеннеди. В пользу этого предположения свидетельствуют также данные нашего эксперимента по оценке интенсивности экспрессии генов синтеза ФХ: транскрипция гена CPT1 у F. velutipes вне зависимости от условий эксперимента (полная питательная среда или дефицит фосфора) была значительно выше, чем CHO_2 (неопубликованные данные).

Следует отметить, что анализ состава липидов *F. velutipes*, выращенной на средах с фарнезолом, безафибратом и клофибрином, не выявил каких-либо изменений, в т.ч. в содержании ФХ. По-видимому, подобная реакция вполне закономерна и отражает особенности метаболизма фосфолипидов, синтез которых может осуществляться двумя альтернативными путями, а также в реакциях перегруппировки полярных групп [13, 14] Так, в ходе исследований обмена фосфолипидов в клетках млекопитающих, синтезирующих ФХ по пути Кеннеди, было показано, что ингибирование синтеза фосфолипидов приводит к быстрым изменениям концентрации промежуточных соединений, например, ДАГ, в то время как количество ФХ и других фосфолипидов остается практически неизменным [15]. Содержание ФХ поддерживалось на исходном уровне даже при увеличении содержания ФЭ под воздействием клофибрина и безафибрата [5].

По-видимому, в случае функционирования альтернативных путей (например, пути метилирования), ослабление синтеза ФХ по основному пути мгновенно компенсируется за счет других реакций. Компенсаторные механизмы, направленные на восстановление баланса фосфолипидов, возможно, включают регуляцию не только синтеза ФХ, но и других реакций липидного метаболизма. Так, в условиях действия клофибрина в клетках печени значительно увеличивалась активность 1-ацилглицерофосфат-ацилтрансферазы (лизо-ФК-АТ), глицерин-3-фосфат-ацилтрансферазы, 1-ацил-глицерофосфохолинацилтрансферазы (лизо-ФХ-ацилтрансферазы) и стеароил-КоА-десатуразы [16].

Таким образом, выявить морфогенный ответ культуры F. velutipes на искусственно измененное соотношение ФХ/ФЭ с помощью ингибирования синтеза ФХ не удалось, по всей видимости, в связи с наличием компенсаторных механизмов, восстанавливающих содержание ФХ до необходимого уровня. Тем не менее, были обнаружены рост-ингибирующий и морфогенный эффект фарнезола, связанные либо с изменениями в молекулярном составе ФХ, либо с ингибированием синтеза ФХ по определенному пути.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №15-04-06211а.

Список литературы

1. Михайлова М.В., Феофилова Е.П., Шумская Г.Г., Шевцов В. Изменения в составе липидов в процессе дифференцировки грибов порядка Agaricales. Прикл. биохим. микробиол. 1993; 29(2): 315-20.
2. Janssen MJ, Koorengevel MC et all. The phosphatidylcholine to phosphatidylethanolamine ratio of Saccharomyces cerevisiae varies with the growth phase. Yeast. 2000; 16(I. 7): 641-50.
3. Sakai H, Kajiwara S. Membrane lipid profile of an edible basidiomycete Lentinula edodes during growth and cell differentiation. Lipids. 2004; 39(1): 67-73.
4. Кадималиев Д.А., Ревин В.В., Надежина О.С., Атыкян Н.А., Самуилов В.Д. Взаимосвязь состава липидов и продуктов их перекисного окисления с секрецией лигнолитических ферментов в процессе роста Lentinus (Panus) tigrinus. Микробиология. 2006; 75(5): 1-5.
5. Nishimaki-Mogami T, Suzuki K, Okochi E, Takahashi A. Bezafibrate and clofibric acid are novel inhibitors of phosphatidylcholine synthesis via the methylation of phosphatidylethanolamine. Biochim Biophys Acta. 1996; 1304: 11-20.
6. Wright MM, Henneberry AL, Lagace TA et all. Uncoupling farnesol-induced apoptosis from its inhibition of phosphatidylcholine synthesis. J Biol Chem. 2001; 276: 25254-61.
7. Carman GM, Han G-S. Regulation of Phospholipid Synthesis in the Yeast Saccharomyces cerevisiae. Annu Rev Biochem. 2011; 80: 859-83.
8. Nichols BW. Separation of the lipids of photosynthetic tissues: improvements in analysis by thin-layer chromatography. Biochem Biophys Acta. 1963; 70: 417-25.
9. Benning C, Huang ZH, Gage DA. Accumulation of a novel glycolipid and a betaine lipid in cell of Rhodo-

bacter sphaeroides grown under phosphate limitation. Arch. Biochem Biophys. 1995: 317: 103-11.
10. Machida K, Tanaka T, Yano Y, Otani S, Taniguchi M. Farnesol-induced growth inhibition in Saccharomyces cerevisiae by a cell cycle mechanism. Microbiology. 1999; 145: 293-9.
11. Shea JM, Poeta MD. Lipid signaling in pathogenic fungi. Curr Opin Microbiol. 2006; 9, I.4: 352-8.
12. Fairn GD, Macdonald K, McMaster CR. A chemogenomic screen in Saccharomyces cerevisiae uncovers a primary role for the mitochondria in farnesol toxicity and its regulation by the Pkc1pathway. J Biol Chem. 2007; 282: 4868-74.
13. Zelinski TA, Savard JD, Man RYK, Choy PC. Phosphatidylcholine biosynthesis in isolated hamster hearts. J Biol Chem. 1980; 255: 11423-8.
14. Hatch GM, Choy PC. Phospholipid biosynthesis. Adv Mol Cell Biol. 2004; 33: 357-85.
15. Gasull T, Sarri E, De Gregorio-Rocasolano N, Trullas R. NMDA receptor overactivation inhibits phospholipid synthesis by decreasing choline-ethanolamine phosphotransferase activity. J Neurosci. 2003; 23: 4100-7
16. Mizuguchi H, Kudo N, Kawashima Y. Metabolic alterations by clofibric acid in the formation of molecular species of phosphatidylcholine in rat liver. Biochem Pharmacol. 2001; 62: 853-61.

ОТВЕТ НА ТЕПЛОВОЙ ШОК У ТЕРМОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ

Терёшина В.М.[1], Януцевич Е.А.[1], Гроза Н.В.[2], Данилова О.А.[1]
[1]Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН, Москва[2]
МГУ тонких химических технологий имени М.В Ломоносова, Москва

У мезофильных грибов ответ на тепловой шок (ТШ) является комплексным и включает синтез белков теплового шока, трегалозы, ферментов антиоксидантной защиты, изменения в составе липидов и состоянии внутриклеточной воды [1], что приводит к появлению нового биологического феномена – «приобретенной термоустойчивости» к летальному ТШ. Нами ранее было показано на примере трех мезофильных грибов различного систематического положения, что в ответ на ТШ в составе мембранных липидов значительно увеличивается доля фосфатидных кислот фоне снижения фосфатидилэтаноламинов и фосфатидилхолинов, тогда как в жирнокислотном составе основных фосфолипидов не наблюдается снижения степени ненасыщенности жирных кислот [2]. Термофильные грибы способны оптимально расти в условиях, которые для мезофильных являются тепловым шоком. Ответ термофильных грибов на ТШ не изучен и неясно свойствен ли им феномен «приобретенной термоустойчивости». Целью настоящего исследования было изучение состава мембранных липидов и углеводов цитозоля на примере трех термофильных грибов, *Miceliophthora thermophila, Rhizomucor miehei* и *Rhizomucor tauricus*.

Грибы выращивали до середины трофофазы в оптимальных температурных условиях (41– 43°С), затем опытные варианты переносили в условия ТШ (51–53 °С) и выращивали в течение одного и трех часов, тогда как контрольные варианты продолжали выращивать в оптимальных температурных условиях.

Установлено, что в оптимальных температурных условиях в процессе роста грибов в мицелии содержится значительное количество трегалозы (8–18% от сухой массы). На примере *R. miehei* (рис. 1) видно, что трегалоза является основным углеводом цитозоля и ее количество сохраняется как в трофо-, так и в идиофазе сохраняется на высоком уровне – около 10%.

Кроме того, оптимальных температурных условиях в составе мембранных липидов фосфатидные кислоты являются одним из основных компонентов наряду с фосфатидилхолинами, фосфатидилэтаноламинами и стеринами (рис. 2).

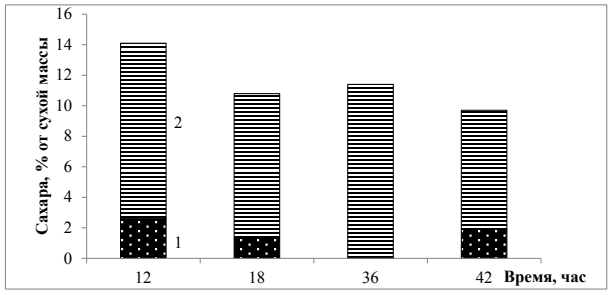


Рис. 1. Основные растворимые углеводы цитозоля при росте в оптимальных температурных условиях у *R. miehe*i. 1– глюкоза; 2 – трегалоза.

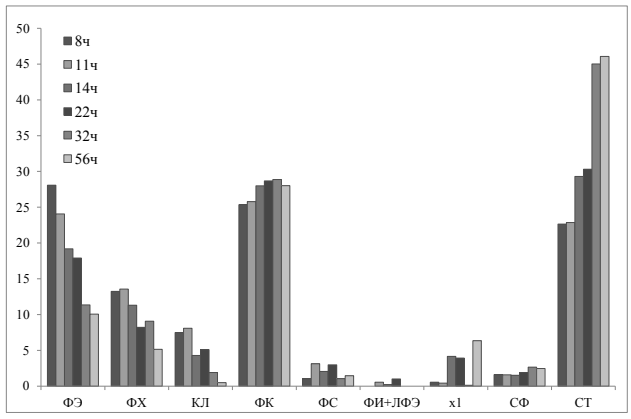


Рис. 2. Мембранные липиды *R. tauricus* в процессе роста в оптимальных условиях.

Обозначения: ФЭ – фосфатидилэтаноламины, ФК – фосфатидные кислоты, КЛ – кардиолипины, ФС – фосфатидилсерины, ФИ – фосфатидилинозиты, ЛФЭ – лизофосфатидилэтаноламины, Х – неидентифицированный фосфолипид.

В ответе термофильных грибов на ТШ наблюдается общая закономерность – действие ТШ в течение одного и трех часов приводит к последовательному снижению количества трегалозы в мицелии (рис. 3).

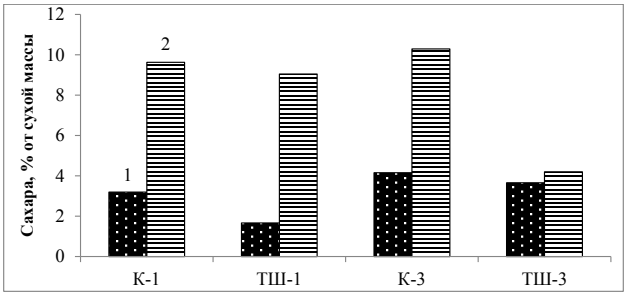


Рис. 3. Основные углеводы цитозоля в клетках *R. miehei* в условиях теплового шока.
1– глюкоза, 2 – трегалоза.

Тогда как в мембранных липидах наблюдается увеличение долей фосфатидных кислот и стеринов на фоне снижения фосфатидилхолинов и фосфатидилэтаноламинов (рис. 4).

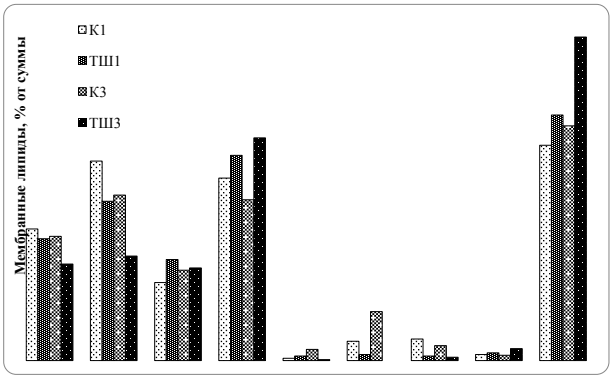


Рис. 4. Состав мембранных липидов в условиях ТШ у *M. thermophila* (% от суммы).

Для исследования жирнокислотного состава были хроматографически выделены основные фосфолипиды. Под действием ТШ ни в одном из исследованных фосфолипидов не отмечено накопления насыщенных жирных кислот, напротив, – степень ненасыщенности возрастает (табл.).

Изучение «приобретенной термоустойчивости» в ответ на действие ТШ показало ее отсутствие у изучаемых термофильных грибов, что, возможно, объясняется значительным снижением трегалозы под действием ТШ.

Таблица. Состав жирных кислот основных фосфолипидов в условиях теплового шока на стадии трофофазы *R. tauricus*.

Жирные кислоты	Контроль			Тепловой шок		
	ФЭ	ФХ	ФК	ФЭ	ФХ	ФК
	% от Σ					
$C_{14:0}$	1,3	1,5	0,9	1,5	-	2,2
$C_{14:1}$	3,6	3,7	2,6	7,3	9,6	6,3
$C_{16:0}$	22,8	23,6	25,3	21,4	28,6	27,3
$C_{16:1}$	1,4	2,1	1,0	4,4	4,0	2,7
$C_{18:0}$	8,9	9,7	14,4	10,9	16,1	15,0
$C_{18:1n9c}$	31,3	15,8	32,6	10,8	0,7	19,6
$C_{18:2n6c}$	19,9	28,5	15,5	12,8	8,0	14,7
$C_{18:3n3}$	10,8	15,1	7,8	30,8	32,9	12,1
Степень ненасыщенности	1,09	1,24	0,90	1,41	1,29	0,94

Результаты данного исследования позволили заключить, что механизмы защиты от ТШ у мезофильных грибов и термофилов частично различаются. На фоне сходства изменений состава мембранных липидов в условиях ТШ в углеводном составе наблюдаются существенные различия, а именно, у термофилов, имеющих высокий уровень трегалозы в оптимальных температурных условиях, наблюдается снижение ее содержания под воздействием ТШ. Отличием термофилов от мезофилов является отсутствие феномена «приобретенной термоустойчивости», что, по данным настоящего исследования, можно связать со снижением уровня трегалозы.

Список литературы

1. Piper PW. Molecular events associated with acquisition of heat tolerance by the yeast Saccharomyces cerevisiae. FEMS Microbiol Rev. 1993; 11: 339-56.
2. Терёшина В.М., Меморская А.С., Котлова Е.Р. Влияние различных тепловых воздействий на состав мембранных липидов и углеводов цитозоля у мицелиальных грибов. Микробиология. 2011; 80(4): 447-53.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РЯДА «ПОКОЛЕНИЙ» *ASPERGILLUS VERSICOLOR*

Тугай А.В.[1], Тугай Т.И.[1], Пидгерская Л.О.[1], Желтоножский В.А.[2], Желтоножская М.В.[2],Садовников Л.В.
[21]Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины, Киев
[2]Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

При комплексном анализе радиобиологических эффектов, выявленных в результате 28-летнего мониторинга микобиоты после чернобыльской катастрофы, было выявлено ряд закономерностей и новых фактов требующих дальнейшего изучения.

Было установлено, что у ряда микроскопических грибов, находящихся длительное время в условиях облучения в зоне отчуждения сформировались новые, не известные ранее для грибов, радиоадаптивные свойства – позитивный радиотропизм и стимуляция ростовых процессов [1–4].

Было установлено, что радиоадаптивные свойства проявлялись у 70–80% грибов, выделенных с территорий с мощностью экспозиционной дозы от 5 до 500 мР/час, а при более высоких дозах это свойство было выявлено только у 10% штаммов [5].

Увеличение биологической активности микобиоты на таких территориях требует детального изучения, по ряду причин, а именно: известно, что на долю микобиоты приходится 80% от микробной биомассы почвы, она является первичным звеном многих трофических цепей, микобиота играет роль осевого регулятора перемещения радионуклидов и питательных веществ в почве. Изменение биогеоценоза в Зоне отчуждения за счет увеличения доли микроскопических грибов, способных обрастать и трансформировать горячие частицы, переводя радионуклиды, находящиеся в них в ионообменные подвижные формы, таким образом, ускоряющих их вертикальную и горизонтальную миграцию, необходимо учитывать в долгосрочных прогнозах отдаленных последствий воздействия хронического облучения на биоту в целом.

Микроскопические грибы, характеризующиеся быстрой сменой генераций, являются удобной моделью для изучения механизмов адаптации в контролируемых условиях облучения у большого количества «поколений». Особого внимания заслуживает сравнительное изучение физиолого-биохимических свойств у ряда «поколений» микромицетов, выделенных из Зоны отчуждения, проявляющих радиоадаптивными свойствами и у «поколений» тех же видов, выделенных с территорий с фоновым уровнем радиоактивности и не имеющих радиоадаптивных свойств.

Цель работы – изучение биологической активности ряда «поколений» *Aspergillus versicolor*, выращенных в условиях хронического облучения на организменном и внутриклеточном уровне.

Для изучения отдаленных последствий действия хронического облучения на микроскопические грибы нами была создана модельная система, имитирующая хроническое облучение в зоне отчуждения [6].

Для проведения исследований было использовано два штамма *A. versicolor*, один из которых – 99 был выделен из зоны отчуждения в 2003 г., т.е. продолжительное время находился в условиях облучения и проявлял радиоадаптивные свойства, и контрольного штамма – 432, выделенного в 2003 г. из помещений с фоновым уровнем радиоактивности.

Однако на сегодняшний день нет однозначного определения понятия «поколение» для анаморфных грибов. Мы, условно, термином «поколение» называем популяцию *A. versicolor*, выросшую в условиях хронического облучения из конидий при посеве уколом на чашку Петри, а следующее «поколение» получено, соответственно, пересевом через 2 нед с этой чашки Петри на последующую и т.д. Рост «поколений» у двух исследуемых штаммов *A. versicolor* проводился в условиях хронического облучения. Контролем служили «поколения» этих же штаммов, выращенные аналогично, однако без облучения.

Было проведено сравнительное изучение изменения такого интегрального показателя роста грибов на организменном уровне – как радиальная скорость роста штаммов при культивировании на двух средах «богатой» (сусло-агар) и «бедной» (голодный агар) по источнику углерода у трех «поколений» штаммов *A. versicolor*, выделенного из Зоны и обладающего радиоадаптивными свойствами и трех «поколений» контрольного штамма. Данные представлены в процентах, а за 100% принималась скорость радиального роста соответствующих «поколений» этих же штаммов, выращенных в аналогичных условиях, но без облучения.

Показано, что при росте на «богатой» среде происходило увеличение радиальной скорости роста на 25% в первом «поколении» у контрольного штамма и незначительное снижение во втором и третьем, а у штамма с радиоадаптивными свойствами – отсутствие изменений в первом и также снижение во втором и третьем «поколениях», соответственно.

При культивировании на бедной среде, имитирующей природные условия, отмечено волнообразное изменение скорости роста у «поколений» контрольного штамма – снижение в первом и втором «поколении» и значительное (на 120%) увеличение – в третьем, а у штамма с радиоадаптивными свойствами – отсутствие изменений в первом, снижение – во втором и незначительное (на 20%) увеличение в третьем.

Таким образом, выявлены волнообразные изменения в скорости радиального роста у трех «поколений» исследованных штаммов. Показано, что эти изменения зависели от среды культивирования и были бо-

лее выражены у «поколений» контрольного штамма, в сравнении с «поколениями» штамма с радиоадаптивными свойствами.

Как известно, облучение сопровождается образованием повышенного количества активных форм кислорода. В связи с этим, представляло интерес изучить в сравнительном аспекте изменение функционирования основных ферментов антиоксидантной защиты у исследуемых «поколений» *A. versicolor*, а именно супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы.

Показано, у исследуемых штаммов в первом и втором «поколениях» наблюдалось значительное в 2,5 – 3,5 раза увеличение активности СОД и снижение ее величины в третьем «поколении» ниже контрольного уровня, т.е. без дополнительного облучения.

Наиболее значительные различия у «поколений» контрольного штамма и штамма с радиоадаптивными свойствами выявлены в изменении активности каталазы. У облученных «поколений» контрольного штамма наблюдали волнообразное изменение активности – снижение в первом и третьем «поколении» и активация во втором, при этом изменения активности составляют не более 60%.

В то время как у облученных «поколений» штамма с радиоадаптивными свойствами выявлено увеличение активности каталазы во втором и третьем «поколении» на 250 и 350% соответственно.

Волнообразный характер изменений пероксидазной активности в «поколениях» контрольного штамма аналогичен таковым в «поколениях» штамма с радиоадаптивными свойствами, а именно: снижение активности в первом, увеличение во втором и снижение в третьем. При этом следует отметить, что степень выраженности эффекта, а именно увеличения активности значительно выше во втором «поколении» штамма с радиоадаптивными свойствами и составляла 800%, в то время как у 2-го «поколения» контрольного штамма – 180%.

Таким образом, выявлены существенные изменения амплитуды активности ферментов антиоксидантной защиты в «поколениях» исследуемых штаммов, что свидетельствует о их роли в реализации адаптации грибов к действию хронического облучения.

Следует отметить, что волнообразные изменения биологической активности (скорости радиального роста) на организменном уровне «поколений» штаммов *A. versicolor*, зависят от условий культивирования и наличия радиоадаптивных свойств. Эти изменения значительно более выражены у «поколений» контрольного штамма в сравнении с «поколениями» штамма с радиоадаптивными свойствами. При этом изменения на внутриклеточном уровне т.е. в активности ферментов антиоксидантной защиты более выражены у «поколений» штамма с радиоадаптивными свойствами, что может быть одним из компенсаторных механизмов, реализующих их адаптационные возможности на организменном уровне. Изменения в биологической активности *A. versicolor* в «поколениях» носят волнообразный характер, что может свидетельствовать о эпигенетической характере адаптации, развивающейся в онтогенезе в рамках каждого поколения.

Список литературы

1. Жданова Н. Н. Редчиц Т.И., Крендясова В.Г. и др. Тропизм почвенных микромицетов под влиянием ионизирующего излучения. Микол. фитопатол. 1994; 28(5): 8-13.
2. Тугай Т.И., Жданова Н.Н., Желтоножский В.А. и др. Проявление радиоадаптивных свойств у микроскопических грибов, длительное время находившихся на территориях с повышенным радиационным фоном после аварии на ЧАЭС. Радиац. биол. Радиоэкол. 2007; 47(5): 543-49.
3. Tugay TI, Zhdanova NN, Zheltonozhsky VA et all. The influence of ionizing radiation on spore germination and emergent hyphal growth response reactions of microfungi. Mycologia. 2006; 98(4): 521-27.
4. Dighton J, Tugay T, Zhdanova N. Fungi and ionizing radiation from radionuclides. FEMS Microbiol Lett. - 2008; 281: 109-20.
5. Тугай Т.І. Адаптація мікроміцетів до хронічного іонізуючого опромінення. Автореф.... док. біол. н. Київ. 2013: 41 с.
6. Тугай Т.І., Тугай А.В.,. Желтоножська М. В. и др. Закономірності впливу низьких доз опромінення на мікроскопічні гриби. Ядерна фізика та енергетика. 2012; 13(4): 396-402.

ИЗМЕНЕНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ И ДИНАМИКИ ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ ЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ МОРФОГЕНЕЗА МАКРОМИЦЕТОВ

Ветчинкина Е.П.[1], Горшков В.Ю.[2], Агеева М.В[2]., Гоголев Ю.В.[2], Никитина В.Е.[1]

[1]ФГБУН Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов
[2]ФГБУН Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, Казань

Клеточная стенка (КС) грибов – это сложная, биохимически и морфологически динамичная структура, изменение состава и строения которой приводит к цитодифференцировке, отвечающей определенному функциональному значению: вегетативному росту, освоению пространства; способности защищать от неблагоприятных условий окружающей среды и патогенов, образовывать морфоструктуры и базидиомы [1]. КС базидиомицетов содержит большое количество хитина, образующего комплексы с β-глюканами. Глюканы, наряду с хитином, являются преобладающими полисахаридами данной структуры и, как предполагают, ответственны за форму и жесткость стенки грибных гиф [2-4]. Исследование биосинтеза компонентов КС доказывает, что хитин, глюканы и гликопротеины связаны вместе поперечными ковалентными связями, и такое соединение является динамичным процессом [5]. Модель роста КС грибов, ее видоизменения на протяжении морфогенетического развития, предусматривает определенную роль литических ферментов в поддержании баланса между синтезом и лизисом ее компонентов.

Цель исследования – изучение изменений в ультраструктурной организации и цитодифференцировки КС базидиомицетов в процессе морфогенеза и динамики транскрипционной активности генов литических ферментов, участвующих в перестройке полисахаридов КС (глюканаз, хитиназ) и тирозиназ.

Материалы и методы. В работе использовали три вида лекарственных культивируемых ксилотрофных базидиомицетов разных систематических групп Lentinus edodes (Berk.) Sing (шиитаке), Grifola frondosa (Fr.) S.F. Gray (маитаке) и Ganoderma lucidum Curtis: Fr. (трутовик лакированный). Базидиомицеты культивировали интенсивным способом, наиболее приближенным к естественному, с целью получения всех стадий развития, на древесном субстрате в лабораторных условиях [6]. Процесс морфогенеза изучаемых базидиомицетов включает в себя несколько этапов: активное освоение субстрата, рост и ветвление непигментированного мицелия (НМ); уплотнение мицелия на поверхности субстрата, пигментация; образование защитной морфоструктуры – мицелиальной пленки (МП); появление генеративных базидиом – примордий (ПР) и плодовых тел (ПТ).

С целью изучения ультраструктурной организации КС макромицетов в процессе морфогенетического развития, образцы культур исследовали с помощью метода просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ). Мицелиальные гифы разных стадий морфогенеза фиксировали в 0,5%-ном глутаровом альдегиде в течение 3 ч. Дальнейшую фиксацию проводили в 2,5%-ном растворе глутарового альдегида на фосфатном буфере (0,1 М, pH 7,2) в течение 12 ч. Затем материал выдерживали в 1% растворе OsO_4, приготовленном на том же буфере, с добавлением 34 мг/мл сахарозы (постфиксация). Дегидратацию образцов проводили в серии спиртов возрастающей концентрации и абсолютном ацетоне. Затем препараты выдерживали в окиси пропилена 45 мин, и пропитывали эпоксидной смолой ЭПОН и окисью пропилена по 24 ч в следующих соотношениях: 1:2; 1:1; 2:1; после чего материал помещали в чистую смолу. Полимеризацию проводили при температурах 37, 45 и 57 °С по 24 ч. Ультратонкие срезы получали на микротоме LKB-III (Швеция), монтировали на никелевые сеточки с подложкой (1%-ный раствор формвара в дихлорэтане), образцы контрастировали 1%-ным водным раствором уранилацетата и цитратом свинца [7]. Микрофотографии мицелиальных гиф разных морфоструктур получали на электронном микроскопе JEM-1200 EX (JEOL, Япония) при 80 кэВ.

Исследование транскрипционной активности генов chi, exg1 и tir кодирующих хитиназу, глюканазу и тирозиназу на всех стадиях морфогенеза *L. edodes* проводили с помощью метода количественного ПЦР-анализа обратных транскриптов. В соответствии с общепринятыми критериями и алгоритмами были сконструированы специфичные праймеры и флуоресцентные зонды. В качестве референсного гена был использован ген gpd, кодирующий глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназу [8].

В ходе работы на каждой стадии развития базидиомицета был зафиксирован материал, полученный в серии из четырех последовательных опытов. Ткани гомогенизировали в жидком азоте и выделяли тотальную РНК с помощью наборов Plant Mini Kit (Qiagen, Германия). После дополнительной обработки препаратов ДНКазой проводили реакцию обратной транскрипции. Количественный ПЦР-анализ проводили с использованием флуоресцентных зондов TaqMan с помощью амплификатора с оптическим модулем iCycler IQ4 (Bio Rad, США). Полученные данные обрабатывали с помощью программ, входящих в комплект поставки прибора. Уровень экспрессии изучаемых генов нормализовали относительно транскриптов гена gpd.

Эксперименты были проведены в 3-х повторностях в 3-х независимых экспериментах. Статистический анализ данных проводили с применением стандартных математических методов (расчет среднеквадратического отклонения, сравнение средних по критерию Стьюдента) средствами программ Microsoft Excel-2000.

Результаты и обсуждение. Электронно-микроскопические исследования ультраструктурной морфологии КС грибных гиф и морфообразований выявили сходство и различие в зависимости от стадии развития макромицетов. Клетки рыхлого НМ имеют диаметр 3–4 мкм и образуют над субстратом слой толщиной 40–50 мкм. Гифы, проникающие внутрь субстрата, имеют гораздо меньшую плотность расположения. Срезы плотного НМ показывают его неоднородность. С верхней стороны, гифы расположены плотнее, среди них много тонких ~ 1 мкм (рис. 1,А), диаметр гиф плотно прилегающих к субстрату, равен 2–3 мкм, кроме того, гифы погружены в общий матрикс. Ультраструктура клеток НМ в целом мало различается в зависимости от местоположения. На микрофотографиях четко видна цитоплазматическая мембрана толстая, волнистая, что может быть связано с интенсивной секрецией. К ней примыкает двухслойная КС, состоящая из внутреннего электронно-плотного слоя, имеющего фибриллярное строение (фибриллы хитина, погруженные в β-глюкановый матрикс), и внешнего электронно-прозрачного слоя, состояще-

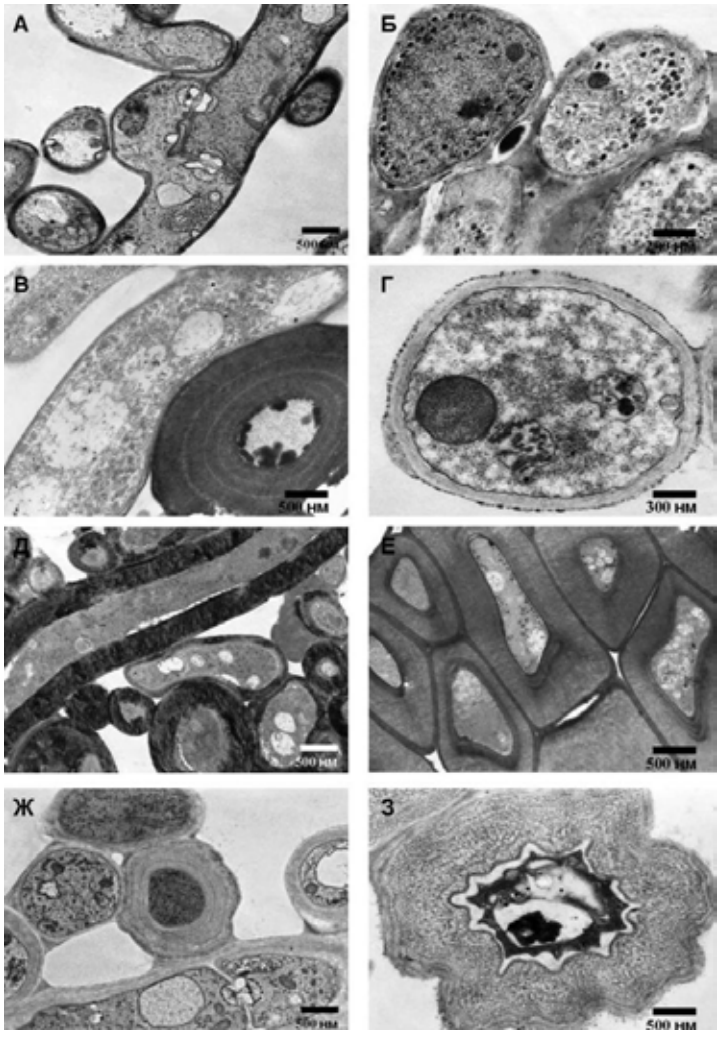


Рисунок 1. Просвечивающая электронная микроскопия поперечного и продольного срезов мицелиальных гиф базидиомицетов.

А – ультраструктура клеток НМ *L. edodes*; Б – гифы НМ *G. frondosa*; В – меланизированная КС ПМ *G. lucidum*; Г – утолщенная КС ПМ *G. frondosa*; Д – пигментированные спрессованные гифы МП *G. lucidum*; Е – сильно меланизированная КС МП *L. edodes*; Ж – толстостенные опорные гифы ПР *L. edodes*; З – «звёздчатые» клетки ПР *L. edodes*.

го из растворимого в щелочи глюкана (рис. 1,Б). По мере уплотнения мицелия у макромицетов появляются пигментированные толстостенные гифы (рис. 1,В), у *G. lucidum* их значительно больше, чем у *L. edodes* и *G. frondosa*, кроме того КС последних менее толстая (рис. 1,Г).

У пигментированной МП, в отличие от тонкостенных гиф предыдущей стадии развития, происходит сильное утолщение КС. Особенно развит электронно-плотный слой, состоящий из фибрилл хитина, погруженного в β-глюкановый матрикс (рис. 1,Д). На поверхности МП гифы имеют диаметр 2,5 мкм и очень

плотно прилегают друг к другу (рис. 1,Е). Протопласт остается живым, лишь крайний ряд клеток выглядит мертвым, внешний матрикс очень плотный.

Гифы ПР погружены в общий матрикс с рыхлой нитчатой структурой и имеют наибольший среди всех вариантов диаметр (4–5 мкм). КС очень толстая, достигает 2 мкм и имеет характерную «пеструю» текстуру, но есть и тонкостенные гифы (рис. 1,Ж). В клетках с очень толстой КС наблюдается уплотнение цитоплазмы, люмен на срезе приобретает звездчатую форму (рис. 1,З). Данные гифы, по всей видимости, выполняют опорную функцию. На этой стадии морфогенеза, в отличие от вышеописанных, опорных гиф очень много, что позволяет макромицетам поддерживать форму образующихся базидиом.

Важную роль в процессе роста и морфогенеза КС базидиальных грибов играют литические ферменты, роль которых заключается в поддержании баланса между синтезом и лизисом ее компонентов. Хитин и β-глюканы, образующие совместные комплексы являются преобладающими полисахаридами КС и ответственны за ее форму и жесткость [2, 9].

В нашем исследовании, на примере базидиомицета *L. edodes* установлено, что уровень экспрессии гена exg1, также как и chi, был наиболее высоким на стадиях уплотненного НМ, МП и ПР, где происходит сильное утолщение и растяжение КС, в отличие от тонкостенных гиф НМ, появляется большое количество толстостенных «опорных» гиф (рис. 2).

В базидиомах и плотных мицелиальных образованиях хитина и глюкана намного больше, чем в НМ, что, исходя из экспериментальных данных, приводит к повышению уровня транскрипционной активности exg1 и chi. Очевидно, что в клеточных перестройках важное значение отводится внутриклеточным глюканазам и хитиназам, особенно в процессах морфогенеза КС. Это также говорит в пользу совместной работы данных ферментов в непрерывной перестройке полисахаридов КС. Они имеют непосредственное воздействие на полимеры КС, представленные β-1,3-глюканами, связанными с другим основным компонентом – хитином и могут придавать жесткость или эластичность структуре грибной КС в процессах апикального роста, ветвления, уплотнения, растяжения и слияния грибных гиф, необходимых для образования морфоструктур макромицетов. Кроме того, фенолоксидазы, в частности тирозиназы, необходимые ксилотрофам для разрушения древесины и обеспечения себя питательными веществами, также могут принимать участие в морфогенезе КС грибов.

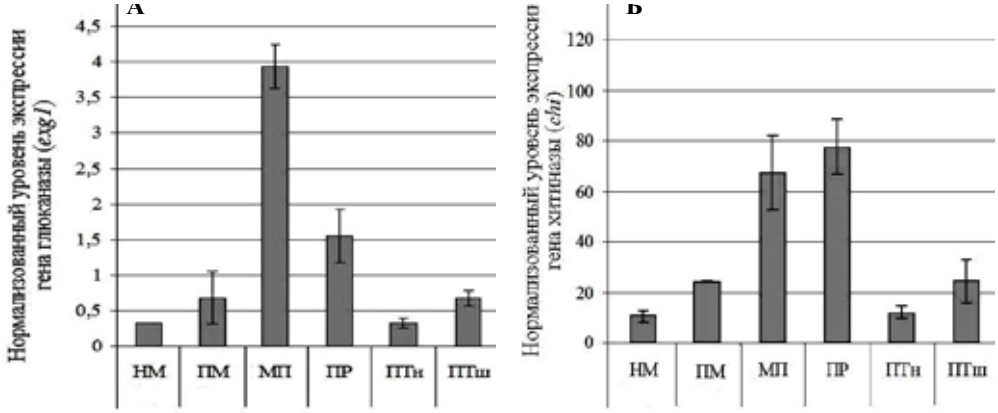


Рисунок 2. Уровень экспрессии гена глюканазы (exg1) (А) и хитиназы (chi) (Б) у *L. edodes* на разных стадиях морфогенеза. Данные нормализованы по транскрипционной активности гена gpd.

Уровень экспрессии гена тирозиназы tir был самым высоким у наиболее пигментированных стадий развития – у МП и ПТ (рис. 3). Что вполне объяснимо, так как фермент тирозиназа принимает участие в синтезе пигмента меланина, играющего важную роль в устойчивости грибов к окружающим условиям. Считается, что образование меланина обеспечивает резистентность к ультрафиолету и излучению видимого света. Кроме того, присутствие пигмента оказывает сильное влияние на устойчивость хитин-глюкан-меланинового комплекса к действию хитиназы и 1,3-β-глюканазы [1, 10]. Пигменты могут располагаться либо в виде отдельных гранул на внешней поверхности гиф, либо внутри КС грибов, образуя комплекс с хитином, в результате чего возникает наружный барьер, обладающей большой устойчивостью к ферментам патогенов.

Таким образом, многократное повышение экспрессии генов exg1, chi и tir при цитодифференцировке КС на разных стадиях развития, говорит о важной роли внутриклеточных глюканаз, хитиназ и тирозиназ в процессах уплотнения, растяжения, пигментации, скреплении компонентов КС и слияния гиф, необходимых для образования морфоструктур макромицетов. Изменение ультраструктурного строения КС гиф переходе от одной стадии развития к другой, в совокупности с меняющейся динамикой транскрипционной активности ключевых генов в процессе морфогенетического развития, подтверждает определение клеточной стенки, как одной из важнейших систем, определяющих направление морфогенеза базидиомицетов.

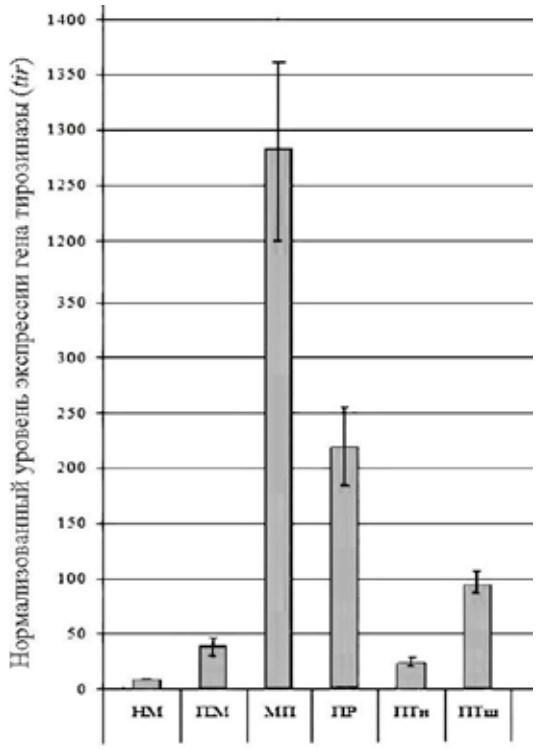


Рис. 3. Уровень экспрессии гена тирозиназы (tir) у *L. edodes* на разных стадиях морфогенеза. Данные нормализованы по транскрипционной активности гена gpd.

Работа выполнена при финансовой поддержке Грант РФФИ №15-04-02926.

Список литературы

1. Феофилова Е.П. Клеточная стенка грибов. М.: Наука. 1983: 248 с.
2. Cabib E, Bowers B, Sburlati A, Silverman SJ. Fungal cell wall synthesis: the construction of a biological structure. Microbiol Sci. 1988; 5(12): 370-5.
3. Феофилова Е.П. Ключевая роль хитина в клеточной стенке грибов М.: Наука. 2002: 91–111.
4. Herrera-Estrella A, Chet I. Chitin and chitinases. Birkhausen Verlag. Basel. 1999: 171-84.
5. Bowman SM, Free SJ. The structure and synthesis of the fungal cell wall. Bioassays. 2006; 28(8): 799-808.
6. Ветчинкина Е.П., Никитина В.Е. Изв. СамарНЦ РАН. 2007; 9(4): 1085-90.
7. Reynolds ES. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. J Cell Biol. 1963; 17(1): 208-12.
8. Sakamoto Yu Nakade K, Sato T. Characterization of the post-harvest changes in gene transcription in the gill of the Lentinula edodes fruiting body Curr Genet. 2009; 55(4): 409-23.
9. Fontaine T Hartland RP, Beauvais A et all. Purification and characterization of an endo-1,3-beta-glucanase from Aspergillus fumigatus. Eur J Biochem. 1997; 243(1-2): 315-21.
10. Whitaker JR. In: Food Enzymes: Structure and Function. Chapman and Hall. 1995: 284 p.

КОЛЛАГЕНАЗЫ И ПРОТЕИНАЗЫ *ASPERGILLUS FLAVUS* ПРИ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В ФЕРМЕНТЕРАХ

Яковлева М.Б., Никитина З.К.
Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва

Изучение различных ферментов, синтезируемых микроорганизмами, и возможности их практического применения является одним из актуальных направлений биотехнологии. К числу таких ферментов относятся протеиназы и коллагеназы, входящие в состав лекарственных средств, используемых для удаления рубцов, келоидов, при лечении ожогов и язв [1].

При проведении поиска продуцентов с коллагенолитической активностью среди дейтеромицетов коллекции ГНУ ВИЛАР и подбора условий их хранения [2, 3], был выявлен наиболее продуктивный и устойчивый штамм *Aspergillus flavus*. В лабораторных условиях в колбах на качалках указанный дейтеромицет синтезировал две протеиназы, способные гидролизовать коллаген [4, 5].

Цель работы – исследование масштабировании процесса получения протеолитических и коллагенолитических ферментов с использованием дейтеромицета *Aspergillus flavus* для получения новых лекарственных средств на их основе. Для достижения указанной цели культивирование *A. flavus* проводили в ферментерах с несколько различными конструктивными особенностями.

Объектом исследования служил дейтеромицет *A. flavus.* В качестве посевного материала использовали семисуточную суспензию спор, выращенную при 26 °С на агаризованной среде Чапека. Глубинное культивирование *A. flavus* проводили в ферментёрах объемом 2,7 л с 1 л модифицированной питательной среды Чапека, содержащей 0,5% сахарозы и 1,5% коллагена. Отличие ферментёров заключалось в конструкции турбинных 6-ти лопастных мешалок.

Содержание белка в фильтрате культуральной жидкости анализировали методом Лоури [6]. Определение общей протеиназной активности (ПЕ/мл) анализировали по методу Ансона в модификации Nomoto Narashashi [7] Удельную протеолитическую активность рассчитывали как отношение ПЕ на мг белка. Удельную коллагенолитическую активность определяли ранее разработанным нами методом [4].

Глубинное культивирование *A. flavus* проводили в двух ферментерах, отличающихся расположением ло-

пастей у мешалок, которое приводило к различию коэффициентов массопередачи (21 ч-1 для ферментёра №1, и 30 ч-1 для ферментёра №2). Динамику роста микромицета оценивали на основании изменений морфологических признаков и потребления сахарозы из состава питательной среды. В первые 18 час роста споры микромицета начинали прорастать, образуя нити мицелия, которые позднее собирались в клубки – пеллеты. В первом ферментёре пеллеты были крупнее, по сравнению с теми же в ферментёре №2.

Установлено, что через 18 ч культивирования в первом ферментёре использовалось около 70% сахарозы от первоначального количества, а во втором ферментёре – 80% (рис. 1). Начиная с 18 ч и до 66 ч роста культуры, наблюдалось дальнейшее снижение количества остаточной сахарозы в первом ферментёре, которая к 66-му часу полностью исчерпывалась. Во втором ферментере полное использование углевода происходило уже к 42-му часу. Таким образом, в первом ферментёре потребление сахарозы проходило медленнее, по сравнению со вторым, что связано, вероятно, с разницей в коэффициентах массопередачи.

Рис. 1. Изменение концентрации сахарозы в культуральной жидкости в процессе ферментации *A. flavus*.

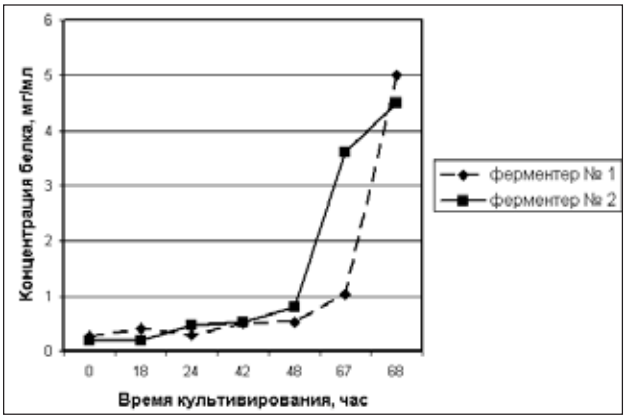


Рисунок 2. Изменение концентрации экскретируемого белка в культуральной жидкости в процессе ферментации *A. flavus*.

В процессе культивирования дейтеромицета наблюдалось накопление внеклеточного белка, причем во втором ферментере на более ранних сроках (рис. 2), что коррелировало и со скоростью поглощения сахарозы культурой *A. flavus*. Эти различия также, вероятно, связаны с разницей коэффициентов массопередачи в ферментерах. Выявлено, что протеолитическая активность культуральной жидкости нарастала постепенно по мере использования коллагена в процессе ферментации, достигая максимума к 48 (ферментер №1) и 66 часам (ферментер №2), а затем снижалась (табл. 1). Аналогичным образом менялась и удельная протеиназная активность.

При этом максимальная удельная протеолитическая активность к 42-му часу во втором ферментере была приблизительно равна удельной протеолитической активности в первом ферментёре к 48-му часу.

Проведенные исследования показали, что секретируемые *A flavus* протеиназы обладали коллагеназной активностью (табл. 2). При этом коллагенолитическая активность культуральной жидкости, полученной в

Таблица 1. Изменение протеиназной активности в культуральной жидкости в процессе ферментации *Aspergillus flavus.*

Время, часы	ПЕ/мл х 10^3		ПЕ/мг х 10^3	
	Ферментер № 1	Ферментер № 2	Ферментер № 1	Ферментер № 2
0	0	0	0	0
18	0,03	0,02	0,09	0,02
24	0,04	0	0,11	0
42	0,10	0,09	0,14	0,29
48	0,20	0,18	0,32	0,07
66	0,14	0,30	0,07	0
67	0,12	0,12	0	0

ферментерах, была сравнима с таковой при культивировании в колбах на качалке. Однако время ферментации, необходимое для секреции ферментов, значительно сокращалось при использовании ферментеров.

Табл. 2. Коллагенолитическая активность при глубинном культивировании *Aspergillus flavus* в колбах и ферментёрах

Способ культивирования	Время культивирования, часы	Удельная коллагенолитическая активность, мкМ/мг
В колбах а качалке	168	0,83±0,05
Ферментер № 1	48	0,68±0,06
Ферментер № 2	42	0,71±0,06

Таким образом, в результате проведенных исследований показана возможность масштабирования процесса культивирования *A. flavus* – продуцента протеолитических ферментов с использованием ферментеров. Обнаружено, что конструктивные особенности используемых биореакторов являлись факторами экзогенной регуляции и влияли на такие параметры, как: скорость потребления сахарозы, секреция внеклеточного белка, накопление протеолитических ферментов в культуральной жидкости, время ферментации. Показано, что секретируемые протеиназы обладали коллагенолитической активностью.

Список литературы

1. Бондарев С.В. Применение препаратов коллагеназ для лечения ран и рубцов кожи. Дисс.... канд мед. наук. СПб. 2008: 125.
2. Захарова Е.А., Яковлева М.Б., Никитина З.К., Быков В.А. Коллагенолитические ферменты, синтезируемые некоторыми видами микроорганизмов. Биомедицинские технол. 1998; 10: 29-32.
3. `Яковлева М.Б., Хоанг Т.Л. Никитина З.К. Коллагенолитическая активность у некоторых видов дейтеромицетов при различных методах хранения. Прикл. биохимия и микробиол. 2006; 42(4): 489-92.
4. Сухосырова Е.А., Яковлева М.Б., Никитина З.К., Быков В.А. Секреция коллагенолитических ферментов некоторыми видами дейтеромицетов. Технологии живых систем. 2007; 24: 302-10.
5. Сухосырова Е.А., Никитина З.К., Яковлева М.Б. Выделение, очистка и некоторые свойства коллагенолитических ферментов, секретируемых Aspergillus flavus. Вопр. биол., мед. фармацев. хим. 2008; 2: 46-9.
6. Lowri H, Rosebrough NJ, Farr AL. Protein measurement with the Folin reagent. J Biol Chem. 1954; 193(1): 265-74
7. Nomoto M, Narashashi Y. A proteolytic enzyme of Streptomyces griseus 1. Purification of a protease of Streptomyces griseus. J Biochem. 1959; 45(4): 653-56.

РОЛЬ СИГНАЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ В РЕГУЛЯЦИИ ЗАЩИТНОГО ОТВЕТА РАСТЕНИЙ НА ИНФИЦИРОВАНИЕ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ

Яруллина Л.Г., Касимова Р.И., Ахатова А.Р., Максимов И.В.
Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН 450054, Уфа

Одним из перспективных и экологически безопасных подходов к снижению повреждающего действия возбудителей грибных болезней на продуктивность сельскохозяйственных культур является применение в растениеводстве элиситоров, стимулирующих естественные защитные механизмы растительного организма. Однако для разработки технологии использования такого рода препаратов необходимы сведения о связи биологической активности с их молекулярной структурой. Обнаружено, что наиболее эффективными элиситорами являются полисахаридные компоненты клеточных стенок фитопатогенов, в частности производные хитина [1].

Особый интерес при изучении механизма индуцирующего действия на иммунный потенциал растительных клеток среди них представляют водорастворимые низкомолекулярные хитоолигосахариды (ХОС). Одним из механизмов защитного действия ХОС является активация генов, регулирующих синтез патоген-индуцируемых белков [2]. Кроме этого, ХОС могут оказывать влияние на процессы продукции активных форм кислорода (АФК), и прежде всего перекиси водорода (H_2O_2), которая, в свою очередь, принимает участие в регуляции экспрессии генов стрессовых белков и антиоксидантных ферментов [3]. Показано, что определенную роль в специфичности проявления биологической активности производных хитина имеет степень ацетилирования биополимера [4]. Т.к. что стратегия защитного ответа растений определяется типом пищевой специализации патогена, то весьма важным является изучение роли СА ХОС в индукции защитного ответа растений в каждой конкретной патосистеме.

В качестве объекта исследования были использованы проростки пшеницы *T. aestivum* L. сорта Жница. Растения выращивали при комнатной температуре (20–22 °С) на светоплощадке с 16-часовым светопе-

риодом, освещенностью 12–16 тыс. люкс (лампы ЛД-4, ЛБ-40). Перед посевом семена стерилизовали 80%-ным этанолом (3 мин), промывали дистиллированной водой и проращивали в кюветах на вермикулите. Заражение пшеницы некротрофом *Bipolaris sorokiniana* и гемибиотрофом *Septoria nodorum* вызывали суспензией спор в воде из расчета 106 спор/мл.

Водорастворимые ХОС со степенью ацетилирования 30% и 65%, молекулярной массой 5–7 кД в концентрации 1мг/л использовали для полусухой обработки семян пшеницы из расчета 20 мкл/г. Хитоолигосахариды 60% СА и 30% СА были приобретены в ЗАО «Сонат» (Москва). В качестве контроля были использованы необработанные здоровые и необработанные инфицированные растения.

Растительную ткань гомогенизировали в 0,025 М фосфатном буфере, pH 6,2, центрифугировали при 10000 g на центрифуге фирмы «Eppendorf» (Германия). Супернатант использовали для определения содержания H_2O_2 с использованием ксиленолового оранжевого [5]. РНК из растений выделяли фенольно-детергентным методом. Для получения кДНК на основе мРНК изучаемых образцов проводили реакцию обратной транскрипции. В качестве положительного контроля использовали ПЦР гена, кодирующего конститутивно экспрессирующийся тубулин. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программ StatSoft (STATISTICA 6.0).

Развитие устойчивости растений против возбудителей грибных болезней осуществляется в результате включения многих неспецифических защитных реакций, и в первую очередь, генерации H_2O_2. Исследования показали, что концентрация H_2O_2 в корнях пшеницы изменялась под влиянием предобработки ХОС и инфицирования *B. sorokiniana* (рис. 1).

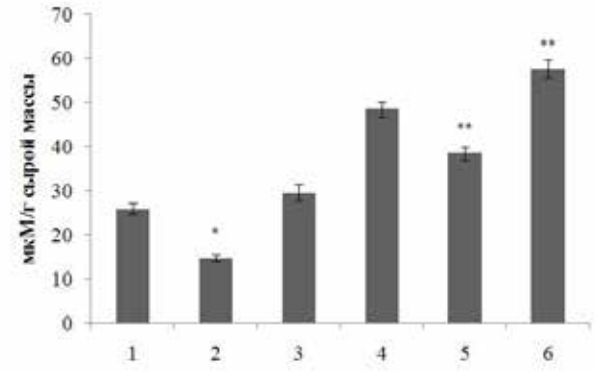


Рис. 1. Содержание H_2O_2 в корнях пшеницы при обработке ХОС и инфицировании *B. sorokiniana*. 72 ч после инокуляции.

1 – контроль, 2 – обработка ХОС со СА 30%, 3 – обработка ХОС со СА 65%, 4 – инфицирование *B. sorokiniana*, 5 – обработка ХОС со СА 30% + инфицирование, 6 – обработка ХОС со СА 65% + инфицирование.

* – различия достоверны при $p < 0,05$ по отношению к неинфицированному контролю, **– по отношению инфицированному контролю.

Причем, предобработка ХОС со СА 30% приводила к снижению содержания H_2O_2 в 2 раза в корнях неинфицированных растений по сравнению с контролем (рис. 1, 2), а предобработка ХОС со СА 65% – не вызывала изменений в ее содержании (рис. 1, 3). Инфицирование растений *B. sorokiniana* вызывало повышение уровня H_2O_2 в корнях, что обычно происходит при воздействии патогенов на растения (рис. 1). При этом в корнях предобработанных ХОС со СА 65% растений уровень накопления H_2O_2 был выше, чем в инфицированном контроле на 20% (рис. 1, 6). В корнях инфицированных и предобработанных ХОС со СА 30% растений этот параметр был ниже контрольного варианта (рис. 1, 5).

Изменение уровня H_2O_2 в растительных тканях происходит в результате многих метаболических процессов, в том числе и под влиянием ферментов про/-антиоксидантной системы. Известно, что наибольший вклад в ее накопление вносят различные формы оксидаз, среди которых локализованная в клеточной стенке и плазмалемме оксалатоксидаза (ОО) является патоген-индуцируемым белком PR-15 [6].

Одним из механизмов повышения активности оксалатоксидазы может служить усиление экспрессии гена ОО. Результаты исследований показали, что при инфицировании *B. sorokiniana* в предобработанных ХОС растениях экспрессия гена оксалатоксидазы AJ556991.1 усиливалась (рис. 2). ХОС со СА 65% оказывала более значительный индуцирующий эффект на экспрессию гена ОО по сравнению с ХОС со СА 30%. Основной функцией ОО является участие в деградации щавелевой кислоты, которая в патогенных системах работает в качестве эффективного фактора вирулентности [7].

Вероятно, посредством активации оксалатоксидазы в клетках прилежащих к зоне инфицирования формируется защитная зона с высокой концентрацией H_2O_2.

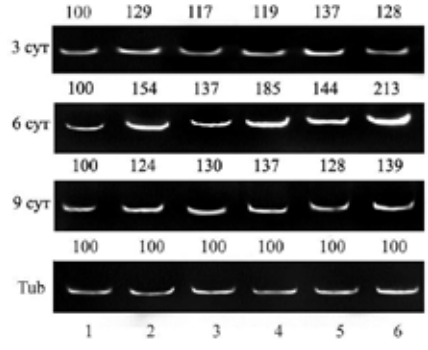


Рис. 2. Экспрессия гена оксалатоксидазы AJ556991.1 в корнях пшеницы сорта Жница при обработке ХОС с различной степенью ацетилирования и заражении *B. sorokiniana*.

1 – контроль, 2 – ХОС со СА 30%, 3 – ХОС со СА 65%, 4 – *B. sorokiniana*, 5 –ХОС со СА 30% + *B. sorokiniana*, 6 – ХОС со СА 65% + *B. sorokiniana*.

Цифрами представлен нормализованный против экспрессии гена β-тубулина уровень экспрессии гена оксалатоксидазы (в % от контроля)

Важнейшими компонентами внедрения патогенных микроорганизмов в растения являются их гидролитические ферменты. В ответ на агрессивное действие протеиназ патогена в растении индуцируется синтез белковых ингибиторов, действие которых может быть направлено на подавление активности этих ферментов [8].

Как видно из рис. 3, в ответ на инокуляцию возбудителем септориоза происходит усиление экспрессии гена ингибитора протеиназы (ИП) и повышение активности белкового продукта. Интересно, что в отношении активации ингибиторов протеиназ максимальную эффективность оказывали ХОС со СА 30% . Так, через 48 ч после заражения наблюдается усиление экспрессии гена ИП в 2 раза (рис. 3 А - 4), что сопровождается повышением активности фермента (рис. 3 Б - 4).

Повышение содержания ингибиторов протеаз в растении происходит, как правило, не за счет увеличения концентрации конститутивных соединений, а за счет синтеза новых форм ингибиторов [9]. Вероятно, ген ИП более чувствителен к ХОС со СА 30%. что можно использовать для индукции их активности.

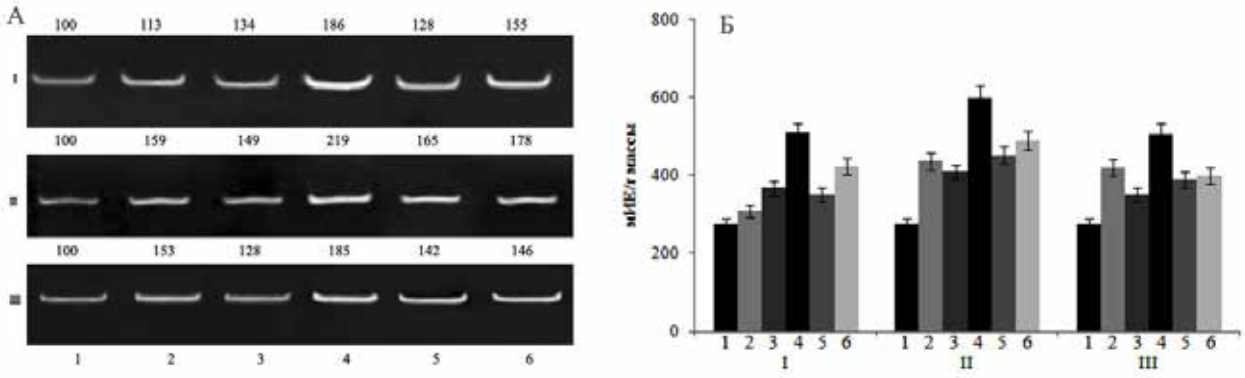


Рисунок 3. Экспрессия гена ингибитора протеиназы EU 293132.1 (А) и активность фермента (Б) в листьях пшеницы сорта Жница при обработке ХОС с различной степенью ацетилирования и заражении *S. nodorum*.
1 – контроль, 2 – *S. nodorum*, 3 – ХОС, СА 30%, 4 – ХОС, СА 30% + *S. nodorum*, 5 – ХОС, СА 65%, 6 – ХОС, СА 65% + *S. nodorum* I – 24 часа, II – 48 ч, III – 72 ч. Цифрами над фотографиями профилей представлен уровень экспрессии гена ингибитора протеиназы в %.

Таким образом, сигнальные молекулы могут повышать устойчивость растений пшеницы, во-первых, за счет усиления экспрессии гена оксалатоксидазы, способствуя накоплению перекиси водорода в местах инфицирования, во-вторых, индуцируя в растительных тканях активность ингибиторов протеиназ, что способствует снижению уровня повреждающего действия патогена. Причем, индуцирующий эффект на экспрессию генов защитных белков растений пшеницы при инфицировании зависит от степени ацетилирования хитоолигосахаридов и трофности патогена.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Министерства образования и науки РФ № 14.604.21.0016.

Список литературы

1. Тютерев С.Л. Научные основы индуцирования болезнеустойчивости растений. СПб.: ООО «Инновационный центр защиты растений» ВИЗР. 2002: 328 с.
2. Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И. Клеточные механизмы формирования устойчивости растений к грибным патогенам. Уфа: Гилем, 2006. 232 с.
3. Volkov RA, Panchuk II, Mullineaux PM, Schoffl F. Heat stress-induced H_2O_2 is required for effective expression of heat shock genes in Arabidopsis. Plant Moll Biol. 2006; 61: 733-46.
4. Falcon AB, Cabrera JC, Costales D et all. The effect of size and acetylation degree of chitosan derivatives on tobacco plant protection against Phytophthora parasitica nicotianae. World J Microbiol Biotechnol. 2008; 24: 103-12.
5. Bindschedler LV, Minibayeva F, Gardner SL et all. Early signalling events in the apoplastic oxidative burst in suspension cultured French bean cells involve cAMP and Ca^{2+}. New Phytologist. 2001; 51: 185-94.
6. Adhikari TB, Balaji B, Breeden J, Goodwin SB. Resistance of wheat to Mycosphaerella graminicola involves early ang late peaks of gene expression. Physiol Mol Plant Pathol. 2007; 71: 55-68.
7. Dumas B, Freyssinet G, Pallet K. Tissue-specific expression of germin-like oxalate oxidase development and fungal infection of barley seedlings. Plant Physiol. 1995; 107: 1091-6.
8. Ревина Т.А., Герасимова Н.Г., Кладницкая Г.В. и др. Влияние белковых ингибиторов протеиназ из клубней картофеля на рост и развитие фитопатогенных микроорганизмов. Прикл. биохим. микробиол. 2008; 44(1): 101-5.
9. Major J, Constabel C. Functional analysis of the Kunitz trypsin inhibitor family in poplar reveals biochemical diversity and multiplicity in defense against Herbivores. Plant Physiol. 2008; 146: 888-903.

МИКРОМОРФОЛОГИЯ МИЦЕЛИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ ТРАМЕТОИДНЫХ ТРУТОВИКОВ

Зарипова Г.Ф.[1], Широких А.А.[2], Широких И.Г.[1,2]
[1]Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ, Киров
[2]НИИСХ Северо-Востока, Киров

Культивирование мицелия грибов для получения биопрепаратов, кормовых белков, ферментов, а также многих иных целей в последнее время приобретает всё большее значение. При работе с чистыми мицелиальными культурами часто возникает необходимость подтвердить идентификацию или вновь установить таксономическую принадлежность макромицетов. Успех решения таких задач обусловлен наличием микроморфологических отличий или иных специфических признаков (запах, цвет, скорость роста, структура колонии, способность к образованию телеморфы и др.) у таксономически различных культур.

В литературе уже отмечалось наличие специфических микроморфологических признаков у разных видов макромицетов: способность образовывать телеморфу в условиях лабораторного культивирования, особенности анаморфных структур, инкрустация гиф кристаллами, наличие и количество ядер в клетках мицелия и спор [1, 2], особенности гифальной структуры на всех стадиях роста от прорастания споры до формирования полноценной мицелиальной культуры [3].

Целью нашей работы было изучение микроморфологиии траметоидных трутовиков для оценки возможности использования специфических признаков при идентификации мицелиальных культур.

Было исследовано шесть видов траметоидных тутовиков: *Trametes versicolor, T. hirsuta, T. ochracea, T. suaveolens, Cerrena unicolor, Daedaleopsis confragosa,* изолированных в мицелиальную культуру в различных эколого-географических условиях. Идентификация собранных образцов была выполнена И.В. Змитровичем (БИН, г. Санкт-Петербург).

Культуры грибов выращивали поверхностно на агаризованном пивном сусле, разведённом до 4° Балинга, при температуре 27 °С от 3 до 7 сут, в зависимости от скорости роста колонии (медленно растущие – *T. suaveolens, C. unicolor, D. confragosa* – культивировали 7 суток, остальные – 3-е сут). Заселение субстрата производили точечно уколом в центр чашки Петри. Микроскопирование (Leica 2500MD, Германия) проводили на 3-и, 5- и 7-е сут для быстрорастущих видов и на 7-, 9- и 11-е сут для видов медленно растущих.

Отмечали в динамике появление и наличие следующих типов микроструктур:

1. Пряжки (различного размера).
2. Септы.
3. Категориальность гиф колонии (осевые, поисковые, переплетающие гифы).
4. Мицелиальные тяжи.
5. Коралловидное ветвление гиф.
6. Анастомозные образования на гифах.
7. Структуры бесполого размножения: различного типа (артроконидии и артроспоры, бластоконидии и бластоспоры).

Данные по наличию различных микроструктур в исследованных мицелиальных культурах трутовых грибов, в зависимости от продолжительности культивирования, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сроки появления специфических микроморфологических образований в мицелиальных культурах траметоидных трутовиков при твердофазном культивировании.

Вид (штамм) гриба	Особенности микроморфологии						
	пряжки	септы	мицелиальные тяжи	коралловидные ветвления	анастомозы	артроконидии и артроспоры	бластоконидии бластоспоры
T. versicolor (Киров)	3*	3	3	5	5	-	3, на 7-е обильно
T. versicolor (В-Поляны)	3	3	3	-	5, на 7-е в виде узелков	-	5
T. hirsuta	3	3	3	-	3, на 7-е в виде узелков	-	3
T. ochracea	3	3	3	7	3, на 7-е в виде узелков	-	3
T. suaveolens	7	7	7	-	-	9, мало	-
C. unicolor	7	7	11	-	-	7, обильно	-
D. confragosa	7	7	7	-	7, в т.ч. в виде узелков	-	7

* Здесь и далее отсчёт ведётся в сутках от начала культивирования.

У всех исследуемых штаммов выявлены такие структуры как септы, пряжки, мицелиальные тяжи и все они спорадически, иногда очень обильно, накапливали внутри клеток воду, образуя довольно внушительные утолщения гиф. Вместе с тем для некоторых видов образуемые структуры были достаточно уникальными в пределах изучаемой группы.

Так, культура *C. unicolor* обильно формировала артроспоры, чего не наблюдалось у других видов трутовиков, за исключением *T. suaveolens* – в небольшом количестве.

Мицелий *D. confragosa* отличался от других чрезвычайно плотной структурой. Подобная структура мицелия отмечалась также у гриба *T. ochracea*, однако лишь на некоторых участках колонии. *T. versicolor,* изолированный в окрестностях г. Киров, образовывал коралловидные ветвления гиф, чего не наблюдалось в процессе роста штамма *T. versicolor* (Вятские Поляны). У последнего штамма бластоконидии образовывались также несколько позже, чем у *T. versicolor* (Киров), что говорит о существовании некоторых штаммовых различий у этого вида. У ряда видов анастомозные образования, зачастую, были представлены в виде очень плотных срастаний с расходящимися в разные стороны нитями гиф, мы назвали такие образования «узелками». При этом в мицелии грибов *T. suaveolens* и *C. unicolor* образование анастомозов не обнаружено, возможно, из-за медленной радиальной скорости этих грибов.

Наряду с микроморфологическими, у отдельных видов грибов были отмечены характерные только для них культуральные признаки. Так, *T. suaveolens* имеет специфический довольно приятный запах (аниса), его мицелий на чашке со временем приобретает желтоватый оттенок. *D. confragosa* имеет чрезвычайно плотный покров, который со временем приобретает коричневую окраску. *C. unicolor* на начальной стадии роста выбрасывает высокие воздушные тяжи мицелия, т.е. у траметоидных трутовиков существуют различия в скорости роста, плотности мицелиального покрова.

Таким образом, среди исследованной группы траметоидных трутовиков нами были выявлены различия в микроморфологии их мицелия, в том числе были выявлены штаммовые различия для T. versicolor. Выявленные в пределах данной коллекции микроморфологические и культуральные особенности позволяют определить критерии для проведения таксономической идентификации отдельных видов траметоидных грибов даже в мицелиальной культуре.

Список литературы

1. Бухало А.С., Вассер С.П., Михайлова О.Б. Микроморфологическая характеристика съедобных и лекарственных макромицетов в чистой культуре. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 1. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес. 2011: 105-34.
2. Дьяков М.Ю., Камзолкина О.В., Штаер О.В. и соавт. Морфологические признаки природных штаммов некоторых видов базидиомицетов и биологический анализ антимикробной активности в условиях глубинного культивирования. Микол. фитопатол. Под ред. Ю.Т. Дьякова. СПб: «Наука», 2010: 225-39.
3. Змитрович И.В. Феноменология мицелия. Электронный ресурс: http: .mycol-algol.ru/event_00001/Zmitrovich_event00001.pdf.

Глава 3.
Биология дрожжей

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.03

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ СБРАЖИВАТЬ САХАРА И РАСТИ НА БЕЗВИТАМИННОЙ СРЕДЕ

Ганбаров Х.Г., Абдулгамидова С.М., Гейдаров Н.Ч.
Бакинский государственный университет, Азербайджан

В связи с широким использованием дрожжевых организмов во многих областях науки и техники считается важным не только поиск и выделение в чистую культуру, но их идентификация и сохранение в жизнеспособном состоянии в коллекции культур микроорганизмов [1].

В предыдущих наших работах было установлено, что штаммы дрожжевых грибов BDU BM1, BDU BM2, BDU M1, BDU B1, BDU B2, BDU BN1 относятся к роду *Saccharomyces*, штаммы дрожжей BDU ME7 и BDU M2 к роду *Saccharomycodes*, а один дрожжевой гриб штамм BDU BN2 к роду *Schizosaccharomyces* [2].

Цель работы – изучение способности дрожжевых культур, сбраживать сахара и расти на безвитаминной среде хранившиеся в коллекции культур БГУ.

В качестве исследуемого материала были использованы 9 штаммов дрожжевых грибов, выделенные из простокваш различных районов Азербайджана и хранившихся в коллекции культур кафедры микробиологии БКУ: штаммы BDU BM1, BDU BM2, BDU M1, BDU B1, BDU B2, BDU BN1 относящиеся к роду *Saccharomyces*, штаммы дрожжей BDU ME7 и BDU M2 к роду *Saccharomycodes*, а один дрожжевой гриб штамм BDU BN2 к роду *Schizosaccharomyces*. Дрожжи хранятся в коллекции культур методом периодических пересев через каждые 3 мес на среде сусло-агар при температуре 4–5 °C. В тоже время их хранят в 20% растворе глицерина при -25 °C в течение 6 и 12 мес.

В качестве физиологических признаков были выбраны: сбраживание сахаров и рост на безвитаминной среде. В качестве питательной среды использовалось агар без добавления витаминов и дрожжевой экстракт [3, 4].

Исследование показало, что из исследуемых культур дрожжей в наиболее сильной степени сбраживает рафинозу *Saccharomycodes* sp. BDU ME7. Три штамма *Saccharomyces* sp. BDU BM2, BDU BN1 и BDU B1 обладают этой способностью в слабой степени, а остальные штаммы не могут сбраживать рафинозу.

Полученные нами результаты подтверждаются литературными данными, согласно которым дрожжи могут использовать только свойственные для них сахара, т.е. одни легко усваивают лактозу или рафинозу, другие – глюкозу или мальтозу [5].

Способность дрожжей синтезировать все необходимые для роста витамины или потребность в наличии каких-либо из них в среде используется для идентификации видов. Слабый рост рассматривают как неспособность дрожжей синтезировать все необходимые витамины [3].

Изучение роста дрожжевых грибов на безвитаминной среде показало, что культуры *Saccharomyces* sp. BDU M1 и *Schizosaccharomyces* sp. BDU BN2 способны к активному росту. Дрожжевые грибы *Saccharomyces* sp. BDU BM1, BDU BM2 и BDU B1 показали средний рост. Остальные штаммы проявили слабый рост или же его полное отсутствие, а именно: дрожжи *Saccharomycodes* sp. BDU ME7, BDU M2 и *Saccharomyces* sp. BDU BN1 и BDU B2. По-видимому активный рост культур *Saccharomyces* sp. BDU M1 и *Schizosaccharomyces* sp. BDU BN2 связан с их способностью к синтезу всех необходимых для роста витаминов, показавшие средний рост культуры *Saccharomyces* sp. BDU BM1, BDU BM2 и BDU B1, способны к синтезу небольшого числа витаминов необходимых для роста, а культуры *Saccharomycodes* sp. BDU ME7, BDU M2 и *Saccharomyces* sp. BDU BN1 и BDU B2 вовсе не способны к синтезу необходимых для роста витаминов.

Исследования по изучению физиологических и биохимических свойств продолжаются для окончательной идентификации дрожжевых культур, хранившихся в коллекции кафедры микробиологии БГУ.

Список литературы

1. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М.: КМК. 2004: 222.
2. Ганбаров Х.Г., Абдулгамидова С.М., Гейдаров Н.Ч., Джафаров М.М. Изучение морфо-культуральных признаков дрожжевых грибов, хранившихся в коллекции культур. «Наука и образование в 21 веке». Сб. научн. тр. по мат. межд. н.-практ. конференции. Тамбов. 2014, Ч.14: 48-9.
3. Бабьева И.П., Голубева В.И. Методы выделения и идентификации дрожжей. М.: Пищевая промышленность. 1979: 120 с.
4. Barnett JA, Payne RW, Yarrow D, Yeasts: Characteristics and Identification. Cambridge University Press; 3 ed, 2000: 1150.
5. Ганбаров Х.Г., Исмайлов Н.И., Джафаров М.М. Лактозосбраживающие дрожжи, выделенные из простокваш агроклиматических областей Азербайджана. Вестн. бакинского унив. Сер. биол. наук. 2003; 2: 54-9.

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДРОЖЖЕЙ *YARROWIA LIPOLYTICA*

Аринбасарова А.Ю., Бирюкова Е.Н., Меденцев А.Г
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН, Пущино

В природных экосистемах микроорганизмы постоянно подвергаются воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Выживание и конкурентоспособность по отношению к другим видам обеспечивается «запуском» специальных механизмов, действие которых может включать синтез ферментов, а также защитных или сигнальных метаболитов.

Механизмы адаптации представляют большой интерес для исследователей, поскольку именно в стрессовых условиях микроорганизмов способны осуществлять процессы, важные для человека: детоксикация вредных соединений, синтез различных метаболитов (антибиотиков, токсинов, пигментов и др.). Изучение реакций на воздействие различных стрессоров необходимо также для понимания роли адаптации в эволюционных процессах.

Цель работы – сравнительный анализ физиолого-биохимических аспектов адаптации дрожжей *Yarrowia lipolytica* к стрессовым условиям.

Для исследований были выбраны нетрадиционные аэробные дрожжи *Y. lipolytica.* Эти дрожжи являются продуцентами многих практически ценных соединений (органических кислот, липаз, цитохрома с и др.) [1]. Кроме того, *Y. lipolytica* представляют собой классическую модель для изучения энергетического обмена клеток – их митохондриальная дыхательная цепь всегда содержит три пункта сопряжения, в чём сходна с дыхательной цепью животных и растительных клеток. Стрессовые условия моделировали путём инкубирования (в среде роста или буфере): (1) при +37 и +45 °С (тепловой стресс), (2) в присутствии этанола (этанольный стресс), или (3) в присутствии оксидантов (H_2O_2, менадиона, юглона), (окислительный стресс). Варьировали концентрацию и время воздействия стрессоров [2, 3].

Применение мягких стрессовых воздействий (обработка малыми дозами оксидантов или этанола, а также инкубация при 37 °С) позволили увеличить летальные дозы, повысить выживаемость и получить стрессоустойчивые (адаптированные) клетки. Была выявлена также перекрёстная устойчивость дрожжей к различным стресс-факторам. Показано, что один вид стресса приводит к развитию устойчивости к другим стрессовым воздействиям.

Установлено, что одной из мишеней действия стресс-факторов является дыхательная цепь дрожжей, повреждение которой прямо или косвенно приводит к образованию активных форм кислорода (АФК) (на уровне убихинона), снижению внутриклеточного содержания АТФ и цАМФ [2–4].

С помощью ингибиторного анализа показано, что одним из компонентов сложного адаптивного ответа является «включение» альтернативного пути переноса электронов – цианидрезистентной оксидазы [2]. Основная функция альтернативной оксидазы состоит в поддержании окислительной активности клеток и сохранении способности к синтезу АТФ в первом пункте сопряжения – на уровне эндогенной НАДН-дегидрогеназы. Мы показали [5], что альтернативная оксидаза может присутствовать в митохондриях наряду с основной, цитохромной, дыхательной цепью. Однако цианидрезистентный путь окисления не способен конкурировать за электроны с основной цитохромной дыхательной цепью, а переносит на кислород только избыточные восстановительные эквиваленты [5].

Появление альтернативной оксидазы как ответ на стрессовые воздействия было показано также у других грибов [6] и простейших [7].

Установлено, что при действии оксидантов или других стрессоров в клетках *Y. lipolytica* происходит одновременное увеличение активностей ферментов, непосредственно или косвенно участвующих в детоксикации активных форм кислорода (АФК): каталазы, супероксиддисмутазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и глутатионредуктазы [2, 3, 8]. Кроме синтеза антиоксидантных ферментов в качестве стрессового ответа показан синтез $НАД^+$-зависимой алкогольдегидрогеназы и L-лактатоксидазы [3, 8]. Синтез указанных ферментов можно считать естественным для *Y. lipolytica* в случае роста на соответствующих субстратах в качестве единственного источника углерода и энергии. Но синтез этих ферментов именно в качестве стрессового ответа заслуживает особого внимания, особенно с позиции реализации биосинтетических возможностей клетки.

Методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии показано, что адаптация клеток *Y. lipolytica* сопряжена с изменениями их ультраструктурной организации [8, 9]. Не зависимо от вида стрессового воздействия (оксиданты, температура, этанол и др.), происходили однотипные изменения ультраструктуры клеток: увеличение размеров митохондрий и пероксисом, располагающихся по периферии цитоплазмы, появление электронно-прозрачных гранул липидов. Следует отметить, что все указанные выше изменения ультраструктуры имели место также после перехода клеток в стационарную фазу роста.

Кроме того, во всех указанных стрессовых условиях происходили изменения структуры поверхности клеточной стенки – образование на цитоплазматической мембране или инвагинаций (этанольный стресс) или глобулярных структур (окислительный и тепловой стрессы). Электронно-микроскопические исследования показали также формирование в клеточной стенке локальных электронно-прозрачных зон с разрыхленной структурой в форме канальцев, а также и везикул.

С помощью рентгеновского микроанализа тонких срезов показано образование в стрессовых условиях двух типов полифосфатных гранул, различающихся

по составу и локализации (в цитоплазме и лизосомах). Накопление полифосфатов в стрессовых условиях – явление, известное для бактерий. У *E. coli* оно отмечалось в условиях азотного голодания, у *Helicobacter pylori* – на стадии инфицирования [10]. Образование полифосфатов не было обнаружено ранее у аэробных дрожжей. Особенности метаболизма и функции полифосфатов фрагментарно изучены у *S. cerevisiae*. Предполагаемая функция полифосфатов – участие в регуляции экспрессии генов, обеспечивающих синтез ряда ферментов и выживаемость клеток в стрессовых условиях [10].

Следует особо отметить, что полифосфаты, также как и глобулярные структуры (или мембранные инвагинации), не были обнаружены у клеток *Y. lipolytica* из стационарной фазы роста (как ранней, так и поздней). Синтез указанных структур происходил только в ответ на стрессовые воздействия. Эти результаты важны при сопоставлении физиологических реакций клеток стационарной фазы роста (например, при исчерпании субстрата) и «ответов» на стрессовые воздействия.

Результаты показывают, что стресс-реакции проявляются не только как усиление некоторых функций клетки или изменение соотношений ряда ферментативных активностей. Адаптация к различным стрессовым воздействиям включает также появление дополнительных «специализированных» ответов, в том числе, новых клеточных ультраструктур.

Изменения ультраструктуры клеток, однотипные при любых стрессовых воздействиях, коррелируют с показателями выживаемости, дыхательной активности и уровня антиоксидантных систем. Так, изменение размеров митохондрий и появление полифосфатов могут быть следствием изменения энергетического статуса клетки, обусловленного нарушением переноса электронов по дыхательной цепи, уменьшением внутриклеточного содержания цАМФ и АТФ. Показанное нами появление множества крупных пероксисом согласуется с результатами измерения активности антиоксидантных ферментов.

Показанная нами однотипность стрессового ответа, а также перекрестная устойчивость клеток, предполагают наличие общего фактора активации защитных механизмов. Учитывая особенности действия цАМФ у дрожжей как негативного фактора транскрипции ряда генов [11], можно полагать, что именно снижение уровня этого метаболита приводит к активации защитных механизмов. При этом не исключается участие полифосфатов в регуляции экспрессии генов и синтезе ферментов, ответственных за выживаемость клеток в стрессовых условиях [10].

Список литературы

1. Gaillardin C, Piet WM, van Dijck, Wyss M. *Yarrowia lipolytica*: safety assessment of an oleaginous yeast with a great industrial potential. Crit Rev Microbiol. 2014; 40(3): 187–206.
2. Бирюкова Е.Н., Меденцев А.Г., Аринбасарова А.Ю., Акименко В.К. Дыхательная активность дрожжей *Yarrowia lipolytica* в условиях окислительного и теплового стрессов. Микробиология. 2008; 77(4): 448-52.
3. Бирюкова Е.Н., Меденцев А.Г., Аринбасарова А.Ю. Адаптация дрожжей *Yarrowia lipolytica* к этанолу. Микробиология. 2009; 78(2): 186-91.
4. Меденцев А.Г., Аринбасарова А.Ю., Акименко В.К. Содержание цАМФ в условиях индукции альтернативной оксидазы в клетках дрожжей *Yarrowia lipolytica*. Микробиология. 2011; 70(1): 29-33.
5. Medentsev AG, Arinbasarova AY, Golovchenko NP, Akimenko VK. Involvement of the alternative oxidase in respiration of *Yarrowia lipolytica* mitochondria is controlled by the activity of the cytochrome pathway. FEMS Yeast Res. 2002; 2: 519-24.
6. Cabrera-Orefice A, Chiquete-Félix N, Espinasa-Jaramillo J et all. The branched mitochondrial respiratory chain from *Debaryomyces hansenii*: components and supramolecular organization. Biochim Biophys Acta. 2014; 1837(1): 73-84.
7. Hamilton V, Singha U, Smith J et all. Trypanosome alternative oxidase possesses both an N-terminal and internal mitochondrial targeting signal. Eukaryot Cell. 2014; 13(1): 53-65.
8. Аринбасарова А.Ю., Бирюкова Е.Н., Сузина Н.Е., Меденцев А.Г. Синтез и локализация L-лактатоксидазы у дрожжей *Yarrowia lipolytica*. Микробиология. 2014; 83(5): 519-24.
9. Бирюкова Е.Н., Меденцев А.Г., Аринбасарова А.Ю. «Изменение ультраструктуры дрожжей *Yarrowia lipolytica* в стрессовых условиях» Микробиология. 2011; 80(3): 344-48.
10. Кулаев И.С., Вагабов В.М., Кулаковская Т.В. Высокомолекулярные неорганические полифосфаты: биохимия, клеточная биология, биотехнология. 2005. М.: Научный мир: 72-104.
11. Belazzi T. Negative regulation of transcription of the *Saccharomyces cerevisiae* catalase T (CTT1) gene by cAMP is mediated by a positive control element. EMBO J. 1991; 10: 585-92.

ОТ СРАВНЕНИЯ СВОЙСТВ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ БЕЛКОВ ДРОЖЖЕЙ К ИХ НОВЫМ ФУНКЦИЯМ ВНУТРИ КЛЕТКИ

***Арзуманян* И.С.[2], Яминский И.В.[1], Кузнецов С.А.[3], *Егоров* С.Н.[1]**
[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
[2]Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Москва
[3]Университет города Росток, Германия

Модельными ферментами для изучения пути секреции в дрожжевой системе являются кислая фосфатаза и инвертаза. В работе проводили сравнительное изучение двух внеклеточных кислых фосфатаз дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, а именно, конститутивной кислой фосфатазы и репрессибельной кислой фосфатазы. Считается, что оба фермента выполняют одинаковую функцию, а именно катализируют гидролиз эфиров фосфорной кислоты при низких значениях pH. Однако отсутствие жизнеспособных мутантах, лишенных всех генов, кодирующих кислые фосфатазы, указывает на то, что эти белки могут выполнять не только функции вне клеток, но и играть важную внутриклеточную роль.

К общим свойствах данных ферментов относится их принадлежность к классу гликопротеинов, то есть у обоих ферментов пептидная составляющая соединена с группами гетероолигосахаридов при помощи ковалентной связи по N-типу. Помимо принадлежности к гликопротеинам конститутивную кислую фосфатазу и репрессибельную кислую фосфатазу, объединяет общий принцип регуляции, а именно прямая зависимость синтеза этих ферментов от концентрации неорганического фосфата в среде: для синтеза конститутивной кислой фосфатазы необходима высокая концентрация фосфата в среде (больше 1 мМ), а синтез репрессибельной кислой фосфатазы происходит при фосфатном голодании.

На данный момент иных общих свойств этих ферментов не выявлено, а различий у них значительно больше. Во-первых, имеется различие в строении - конститутивная кислая фосфатаза имеет гомомерную организацию, она кодируется одним геном PHO3, в то время как репрессиибельная кислая фосфатаза кодируется сразу тремя генами PHO5, PHO10, PHO11, то есть имеет гетерогенное строение.

Во-вторых, как было нами ранее показано, они отличаются по субстратной специфичности. Конститутивная кислая фосфатаза, как правило, обладает значением v_m на порядок меньшим, чем репрессибельная кислая фосфатаза, и является ферментом с широкой субстратной специфичностью без выраженных предпочтений, в то время как репрессибельный фермент показывал наибольшую специфичность к тирозин фосфату и ГТФ, в качестве субстратов [1].

В третьих, нами было выявлено накопление конститутивного фермента в клеточной стенке в процессе роста культуры клеток дрожжей [2]. Также нами ранее были показаны разные пути транспорта этих ферментов к клеточной стенке [3], что подтверждается высокой корреляцией между почкообразованием и секрецией конститутивной кислой фосфатазы и отсутствием корреляции для репрессибельной кислой фосфатазы. Кроме того, данные ферменты транспортируются разными фракциями секреторных везикул: конститутивная кислая фосфатаза транспортируется тяжелой фракцией, а репрессибельная, преимущественно легкой.

Таким образом, поскольку конститутивный фермент по свойствам и клеточной локализации во многом отличается от репрессибельного, есть основания предположить, что их возможные внутриклеточные функции также различны. Как было сказано выше, конситутивная кислая фосфатаза накапливается в клеточной стенке, и в литературе становится все больше сведений о роли белков в структуре клеточной оболочки дрожжей [4].

Кроме того, с помощью дифференциальной интерференционно-контрастной микроскопии мы недавно показали, что при отсутствии гена конститутивной кислой фосфатазы в условиях репрессии синтеза генов репрессибельной кислой фосфатазы диаметр клеток дрожжей имеет разброс от 2 до 10 мкм, что в среднем превышает диаметр нативных клеток дрожжей в 1,5–2 раза. Клетки характеризуются увеличенным размером вакуоли и округлой формой, что указывает на снижение прочности клеточной оболочки. Трансформация клеток плазмидой, содержащей ген PHO3 (конститутивная кислая фосфатаза), возвращает их к нормальному размеру (3–4 мкм).

На основании этих данных было сделано предположение, что функцией конститутивной кислой фосфатазы является не только традиционно освещаемое в литературе получение ортофосфата в качестве основного питательного компонента среды, но и структурная клеточная функция.

Для подтверждения этого предположения мы исследовали способность очищенных белков к самосборке *in vitro* с помощью метода атомно-силовой микроскопии (АСМ), который позволяет получать 3D – изображения поверхностных структур с атомарным разрешением в режиме реального времени и физиологических условиях [5, 6]. Оказалось, что при концентрации конститутивной кислой фосфатазы более 15 мкг/мл, этот фермент образует округлые агрегаты диаметром 100–200 нм, которые затем формируют вытянутые структуры, напоминающие амилоидные, размером 800 ± 40 нм. В то же время, при аналогичных условиях эксперимента репрессибельная кислая фосфатаза демонстрирует агрегацию в бесформенные, неупорядоченные структуры, характерную для всех гликопротеинов. Эти результаты были подтверждены также методом электронной микроскопий фиксированных препаратов.

Суммируя полученные *in vitro* и *in vivo* данные, можно заключить, что конститутивная кислая фосфатаза, в отличие от репрессибельной, действительно может играть важную структурную роль в формировании клеточной поверхности дрожжей.

Список литературы

1. Егоров С.Н., Петрова Е.В., Левашов А.В. Вестн. Моск. унив. 2000. Сер. 2; 41(6): 355- 57.
2. Шнырева М.Г., Егоров С.Н. Микробиология. 1990; 59: 948-58
3. Блинникова Е.И., Мирющкенко Ф.Л., Шаболин Ю.А., Егоров С.Н., Биохимия. 2002; 67(4): 580-86.
4. Teparic R, Mrsa V. Curr Genet. 2013; 59: 171-85.
5. Игнатов С.Г. и др. Применение АСМ для специфической визуализации микроорганизмов. Мат. VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Молекулярная диагностика. 2007». 2007; 1: 81-2.
6. Игнатов С.Г. и др. Атомно-силовая микроскопия как инструмент в микробиологии. В сб: Мат. V междунар. конф. «Современные достижения бионаноскопии». М. 2011: 26.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ДИПЛОИДНЫХ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Евстратова Е.С., Петин В.Г.

Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – ФМИЦ им. П.А. Герцена МЗ РФ, Обнинск

Дрожжи сахаромицеты обладают рядом преимуществ и уникальных свойств, к которым относятся простота культивирования, высокая скорость размножения, наличие стадий в цикле развития, характерных для клеток млекопитающих и смена которых легко контролируется в эксперименте (Корогодин, 1966; Feldmad, 2012). Закономерности пострадиационного восстановления хорошо изучены для дрожжевых клеток как на клеточном (Korogodin, 1993), так и на молекулярном уровнях (Luchnik et al., 1977; Frankenberg-Schwager et al., 1984). Во-вторых, первые доказательства способности эукариотических клеток к восстановлению от радиационных повреждений были впервые получены именно для этих клеток (Корогодин, 1966). В-третьих, известна математическая модель, количественно описывающая процесс пострадиационного восстановления дрожжевых клеток, выдерживаемых после облучения в непитательной среде (Korogodin, 1993). Эта модель позволяет оценивать константу восстановления, характеризующую вероятность восстановления в единицу времени, а также долю необратимо пораженных клеток.

В описываемых опытах использовали диплоидные дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae*, штамм XS800. В качестве химических агентов использовали следующие препараты в отдельности и в комбинации с ионизирующим излучением. Препарат присутствовал во время облучения в различных концентрациях. Данные препараты широко применяются в клинике. Цисплатин (производство ООО «ЛЭНС-ФАРМ», Россия) – комплекс платины, который в настоящее время широко применяется в медицине как противораковое средство. Данный препарат обладает выраженными цитотоксическими, бактерицидными и мутагенными свойствами. Блеоцин (производство «Ниппон Кайяку К°., Лтд.», Япония) цитостатический препарат, гликопептидный антибиотик, синтезируемый бактериями *Streptomyces verticillus*. В основе механизма действия блеоцина лежит фрагментация ДНК, разрушение ее спиралевидной структуры, что ведет к торможению деления клетки. Сульфат меди (медный купорос, производство ООО «АльфаХим», Россия) – используется в сельском хозяйстве, в основном для борьбы с вредителями, для лечения растений и дезинфекции ран деревьев. Доксорубицин (производство ТЕВА Фармацевтические Предприятия Лтд., Израиль) является противоопухолевым антибиотиком антрациклинового ряда, выделенный из культуры *Streptomyces peucetius var. caesius*. Оказывает антимитотическое и антипролиферативное действие. Механизм действия заключается во взаимодействии с ДНК, образовании свободных радикалов и прямом воздействии на мембраны клеток с подавлением синтеза нуклеиновых кислот.

Источником γ-квантов служил ^{60}Co (установка «Исследователь», мощность дозы составляла 20 Гр/мин).

Известно, что механизм действия многих радиосенсибилизаторов связывают с ингибированием способности клеток восстанавливаться от повреждений, индуцированных ионизирующим излучением (Петин и др., 2012). Однако во многих случаях остается невыясненным вопрос, за счет какого механизма происходит подавление восстановления клеток, в частности, это может быть связано как с нарушением самого процесса восстановления, так и формированием тяжелых необратимых повреждений, от которых клетки не способны восстанавливаться.

На рис. 1 изображены полученные в эксперименте кривые зависимости выживаемости диплоидных дрожжевых клеток от дозы ионизирующего излучения (кривая *1*). Клетки, выдерживаемые в процессе облучения в растворе цисплатина различной концентрации, показали заметное повышение радиочувствительности (кривая *2*) по сравнению с контролем. Изменение концентрации препарата в диапазоне от 0,002 до 0,02 мг/мл не повлияло на выживаемость.

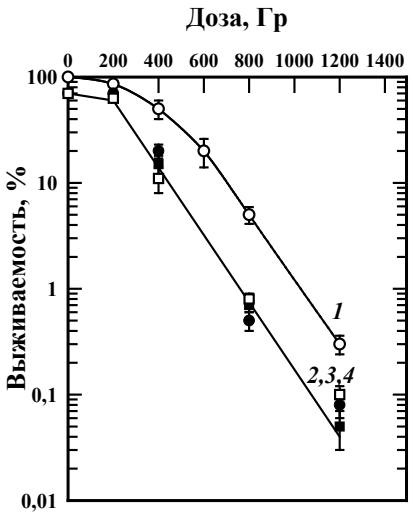


Рис. 1. Кривые зависимости выживаемости диплоидных дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* дикого типа (штамм XS800) от дозы ионизирующего излучения (А):
1 – действие только ионизирующего излучения,
2 – ионизирующее излучение + цисплатин (0,002 мг/мл),
3 – ионизирующее излучение + цисплатин (0,01 мг/мл),
4 – ионизирующее излучение + цисплатин (0,02 мг/мл)

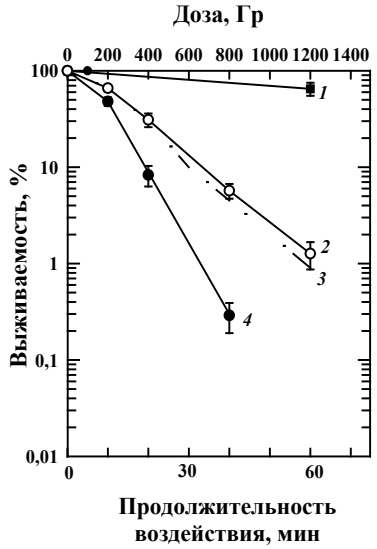


Рис. 2. Зависимость выживаемости дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* дикого типа (штамм XS800) от дозы ионизирующего излучения, продолжительности действия блеоцина и продолжительности пострадиационного восстановления: действие одного блеоцина (0,02 мг/мл) (кривая *1*); действие только ионизирующего излучения (кривая *2*); теоретически ожидаемая кривая при независимом действии обоих агентов (кривая *3*); экспериментальная кривая после одновременного действия ионизирующего излучения и блеоцина (кривая *4*).

На рис. 2 представлены кривые выживаемости диплоидных дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* (штамм XS800) после отдельного действия блеоцина (кривая *1*), ионизирующего излучения (кривая *2*) и одновременного действия этих агентов (кривая *4*). Кривая *3* на этом рисунке представляет собой теоретически ожидаемую кривую доза-эффект, рассчитанную при условии независимого сложения эффектов от каждого действующего фактора. Эти данные показывают, что препарат повышал радиочувствительность клеток – коэффициент синергического усиления (Петин и др., 2012; Petin & Kim, 2014) для комбинированного действия блеоцина и ионизирующего излучения равняется 1,9. Это означает, что клетки были почти в 2 раза более радиочувствительны по сравнению с ожидаемой радиочувствительностью при независимом действии использованных агентов.

Аналогичные данные получены для этого же штамма дрожжей после одновременного комбинированного действия сульфата меди и ионизирующего излучения (рис. 3). Коэффициент синергического усиления, определяемый отношением изоэффективных доз на теоретически ожидаемой (кривая *3*) и экспериментальной кривой доза-эффект (кривая *4*), равнялся в среднем 2,5.

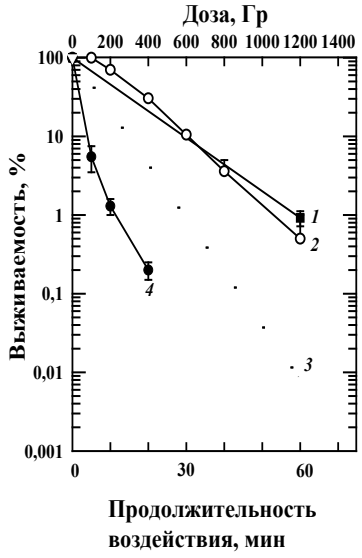


Рис. 3. Зависимость выживаемости дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* дикого типа (штамм XS800) от дозы ионизирующего излучения и продолжительности действия сульфата меди: действие одного сульфата меди (0,02 мг/мл) (кривая *1*); действие только ионизирующего излучения (кривая *2*); теоретически ожидаемая кривая при независимом действии обоих агентов (кривая *3*); экспериментальная кривая после одновременного действия ионизирующего излучения и сульфата меди (кривая *4*).

На рис. 4 представлены результаты наших экспериментов по изучению зависимости выживаемости диплоидных дрожжевых клеток от продолжительности действия только доксорубицина концентрации 0,02 мг/мл (кривая *1*), от дозы одного ионизирующе-

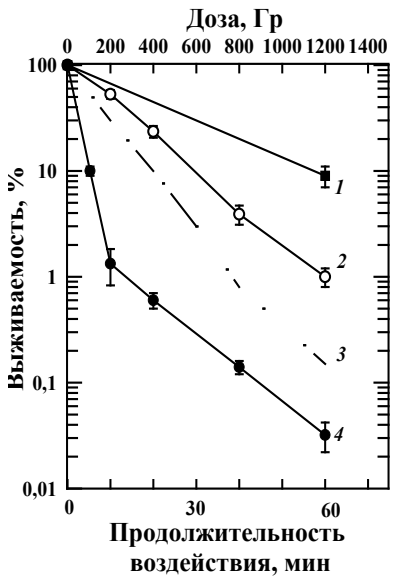


Рис. 4. Зависимость выживаемости дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* дикого типа (штамм XS800) от дозы ионизирующего излучения и продолжительности действия доксорубицина, а так же от продолжительности восстановления облученных клеток: действие только доксорубицина (0,02 мг/мл) (кривые *1*); действие только ионизирующего излучения (кривая *2*); теоретически ожидаемая кривая при независимом действии обоих агентов при концентрации доксорубицина (кривая *3*); экспериментальная кривая после одновременного действия ионизирующего излучения и доксорубицина (кривая *4*).

го излучения (кривая *2*). Теоретически ожидаемые кривые доза-эффект после независимого сложения эффектов от действия ионизирующего излучения и доксорубицина также приведены на рис. 4 (кривая *3*). Результаты их одновременного применения, полученные в эксперименте, представлены кривой *4*. Видно, что эта кривая располагается ниже теоретически ожидаемой кривой за счет синергичекого взаимодействия этих факторов.

Наши расчеты, проведенные по результатам, представленным на рис. 4, демонстрируют, что доксорубицин был наиболее эффективным препаратом среди изученных. На начальном участке этой кривой чувствительность клеток к действию одного ионизирующего излучения повышалась в 5 раз при одновременном применении этого агента и радиации. Характер взаимодействия этих агентов был синергическим, поскольку экспериментальная кривая доза-эффект располагается значительно ниже теоретически ожидаемой.

Расчеты, проведенные на основании данных рис. 4, показывают, что коэффициент синергического усиления в области доз, снижающих выживаемость до 10% равнялся 3,7, его некоторое дальнейшее снижение связано с наличием некоторой доли (около 1%) относительно резистентных клеток.

В целом, в работе продемонстрирована высокая эффективность некоторых радиосенсибилизаторов при их применении для повышения радиочувствительности диплоидных дрожжевых клеток после их одновременного комбинированного действия с ионизирующим излучением. Показано, что коэффициент синергического усиления после комбинированного действия блеоцина, сульфата меди и доксорубицина с ионизирующим излучением равняется 1,9, 2,6 и 3,7 соответственно. На основании этих данных можно сделать вывод, что радиосенсибилизация изученных химических соединений может быть связана с синергическим взаимодействием этих препаратов с ионизирующим излучением.

Список литературы

1. Корогодин В.И. Проблемы пострадиационного восстановления. М.: Атомиздат, 1966: 391 с.
2. Feldman H. (Ed.) Yeast: Molecular and Cell Biology. New York: John Wiley & Sons. 2012: 444 p.
3. Korogodin VI. The study of post-irradiation recovery of yeast: the 'premolecular period'. Mutation Res. 1993; 289: 17-26.
4. Luchnik AN, Glaser VM, Shestakov SV. Repair of DNA double-strand breaks requires two homologous DNA duplexes. Mol Biol Repts. 1977; 3(6): 437-42.
5. Frankenberg-Schwager M, Frankenberg D, Harbich R. Repair of DNA double-strand breaks as a determinant of RBE of alpha-particles. Br J Cancer. 1984; 49(St6): 169–-73.
6. Петин В.Г., Жураковская Г.П., Комарова Л.Н. Радиобиологические основы синергических взаимодействий в биосфере. М.: ГЕОС. 2012: 219 с.
7. Petin VG, Kim JK. Synergictic interaction and cell responses to environment factors. New York: Nova Science Publ., Inc. 2014: 337 p.

СПЕКТР ДЕЙСТВИЯ МИКОЦИНОВ *SCHIZOSACCHAROMYCES POMBE*

Голубев В.И.

ВКМ, Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, Пущино

Путем внутриродового перекрестного тестирования среди поддерживаемых в ВКМ (http:.www.vkm.ru) 39 штаммов делящихся дрожжей, принадлежащих к видам *Schizosaccharomyces japonicus* Yukawa *et* Maki, *S. octosporus* Beijerinck и *S. pombe* Lindner, у последнего обнаружены два микоциногенных штамма. Оба были получены как *S. acidodevoratus* Chalenko. Под тем же наименованием поступили и четыре выявленные чувствительные к этим микоцинам штамма, а пятый описан как *S. hominis* Benedek [1]. Все остальные штаммы указанных трех видов дрожжей были нейтрального фенотипа.

Микоциногенная активность у обоих штаммов *S. pombe* обнаруживается на глюкозо-пептонном агаре с дрожжевым экстрактом при значениях pH среды от 3,5 до 5,5 (цитрат-фосфатный или сукцинат-натриевый буфер). Она не экспрессируется при pH 6,0 и выше. Наиболее широкие зоны подавления роста чувствительных культур наблюдаются при pH 4,0, и размеры зон существенно возрастают при введении в среду глицерина (100 мл/л).

Оба микоциногенных штамма показали одинаковые спектры действия. Они не проявляли активности против 15 видов дрожжевых грибов 14 родов, принадлежащих к пяти семействам класса Saccharomycetes подтипа (subphylum) Saccharomycotina (табл.).

Виды (количество обследованных штаммов), нечувствительные к микоцинам *Schizosaccharomyces pombe* ВКМ Y-1876 и ВКМ Y-1912

Candida glabrata (2)
C. stellata (2)
Citeromyces matritensis (1)
Debaryomyces hansenii (1)
Dekkera bruxellensis (1)
Geotrichum fermentans (1)
Hanseniaspora valbyensis (1)

Kazachstania viticola (1)
Kluyveromyces marxianus (1)
Lachancea waltii (1)
Pichia membranifaciens (1)
Saccharomyces cerevisiae (10)
Saccharomycodes ludwigii (3)
Torulaspora delbrueckii (2)
Zygosaccharomyces bailii (2)

Чувствительные к микоцинам *S. pombe* (класс Schizosaccharomycetes, подтип Archiascomycotina) виды, помимо указанных выше пяти чувствительных штаммов, найдены среди также архиаскомицетов, а именно у фитопатогенных грибов родов *Protomyces* Unger и *Taphrina* Fries (класс Taphrinomycetes). Культуры видов последнего получены нами от Dr. H. Prillinger (Ин-т прикладной микробиологии, Вена). Среди представителей этих родов чувствительны виды: *P. macrosporus* Unger, *T. bergeniae* Döbbeler, *T. carnea* Johanson и *T. tospuinette* (Westend.) Tulasne, тогда как виды *T. betulina* Rostrup, *T. deformans* (Berk.) Tulasne, *T. pruni* Tulasne и *T. purpurescens* Robinson оказались устойчивы. *Taphrina spp.* наносят существенный ущерб садоводству, и выявленные против них антагонисты могут быть полезна для борьбы с этими возбудителями заболеваний плодовых деревьев.

Полученные результаты находятся в русле современных представлений о микоциногении, согласно которым принципиальная особенность микоцинов – их активность против организмов, таксономически родственных микоциногенным штаммам [2]. Молекулярно-биологические данные свидетельствуют о большой филогенетической удаленности шизосахаромицетов от почкующихся дрожжей, вследствие чего внутри аскомицетов их выделяют вместе с тафриновыми грибами в отдельный подтип архиаскомицетов [3].

Таким образом, чувствительность видов *Protomyces* и *Taphrina* к микоцинам *S. pombe* была ожидаема. Напротив, сообщение [4] об активности их против *Candida glabrata* (Anderson) Meyer et Yarrow либо *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex Hansen (семейство Saccharomycetaceae, порядок Saccharomycetales, класс Saccharomycetes, подтип Saccharomycotina) весьма сомнительно, также как и сообщение [5] о наличии активности против *S. pombe* киллер-токсина (микоцина), синтезируемого типовым штаммом IFO 1666 *Lachancea waltii* (Kodama) Kurtzman (= *Kluyveromyces waltii* Kodama).

В качестве чувствительной тест-культуры японскими авторами использован штамм *S. pombe* IFO 0347, описанный как *S. pombe* Lindner var. *ogasawaraensis* Sakaguchi *et* Otani. Наличие микоциногенной активности у типового штамма *L. waltii* ВКМ Y-2217 (= IFO 1666) нами было перепроверено против десятка поддерживаемых в ВКМ штаммов *S. pombe* и ни в одном случае ее не было обнаружено.

Микоцины, за редким исключением [6], проявляют активность лишь при кислых значениях pH среды, при которых подавляющее большинство бактерий не растет. Вопреки этим общеизвестным фактам имеется значительное число публикаций об активности микоцинов против бактерий [7–9]. Нельзя, конечно, исключить, что дрожжи могут ингибировать рост бактерий за счет, например, кислотообразования, накопления этанола и других факторов, однако сами микоцины к этому отношения не имеют.

Список литературы

1. Голубев В.И., Голубева Е.В. Характеристика Schizosaccharomyces hominis. 2005; 3: 74-5.

2. Голубев В.И. Микоцинотипирование. Микология и фитопатология. 2012; 46(1): 3-13.
3. Kuramae EE, Robert V, Snel B et all. Phylogenomics reveal a robust fungal tree of life. FEMS Yeast Res. 2006; 6(8): 1213-20.
4. Bonilia-Salinas M, Lappe P, Ulloa M et all. Isolation and identification of killer yeasts from sugar cane molasses. Lett Appl Microbiol. 1995; 21(1): 115-16.
5. Kono I, Himeno K.A novel killer yeast effective on Schizosaccharomyces pombe. Biosci Biotech Biochem. 1997; 61: 563-64.
6. Голубев В.И. Микоцин активный при нейтральной реакции pH. Микробиология. 2013; 82(3): 295-99.
7. Izgu F, Altinbay D. Killer toxins of certain yeast strains have potential growth inhibitory activity on Gram-positive pathogenic bacteria. Microbios. 1997; 89(358): 15-22.
8. Fuentefria AM, Perez LRR, Azevedo PA et all. Typing of Staphylococcus epidermidis clinical strains by a selected panel of Brazilian killer yeasts. J Basic Microbiol. 2008; 48 (1): 25-30.
9. Meneghin MC, Reis VR, Ceccato-Antonini SR. Inhibition of bacteria contaminating alcoholic fermentations by killer yeasts. Braz Arch Biol Technol. 2010; 53(5): 1043-50.

ВЛИЯНИЕ ФОСФОРНОГО ОБМЕНА НА ПОДВИЖНОСТЬ ВОЛЮТИНОВЫХ ГРАНУЛ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Громозова Е.Н., Харчук М.С.
Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАНУ, Киев

Известно, что неорганические полифосфаты присутствуют в организмах разного уровня организации и принимают активное участие во многих внутриклеточных процессах. С этими полимерными молекулами связывают такие медицинские аспекты как: проявление вирулентости бактерий, антибиотикорезистентость, тромбообразование и фибринолиз, развитие воспалительных реакций организма, регенерация костной ткани и т.д.

Одним из мест локализации полифосфатов в клетках бактерий и грибов являются волютиновые гранулы, которые известны у простейших как ацидокальцисомы, а в тромбоцитах крови у высших форм как фосфорные включения. Несмотря на наличие этих структур в клетках многих организмов их роль в общей схеме фосфорного метаболизма мало изучена. Давно известна такая особенность волютиновых гранул, как их активное движение в вакуолярном пространстве, что получило термин «dancing bodies». Считается, что это перемещение имеет броуновскую природу, хотя механизм этого явления не изучен.

Цель работы – исследование влияния активности экзополифосфатаз в условиях фосфорного голодания и гиперкомпенсации на подвижность волютиновых гранул дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Объект исследования – два штамма дрожжей *S. cerevisiae*: **CRY** (родительский штамм) и **CNX** (мутант с делециями в генах ppx1и ppn1) из лаборатории Артура Корнберга (Стенфордский университет, США).

Для исследования подвижности волютиновых гранул был применён метод оценки подсчёта клеток с «dancing bodies», используя люминесцентную микроскопию и флуоресцентный краситель 4,6'-диамидино-2-фенилиндол дигидрохлорид (DAPI) в конечной концентрации 5 мг/л. Установлено, что как для родительского, так и для мутантного штамма, в процессе фосфорного голодания наблюдалось снижение клеток с dancing bodies вплоть до нулевой отметки на 24 ч.

В то же время, в условиях фосфорной гиперкомпенсации, оба штамма не только восстанавливали эту способность, но и значительно увеличивали численность подвижных гранул в сравнении с исходной точкой. Однако мутант, дефектный по двум экзополифосфатазам PPX1 и PPN1, как в условиях фосфорного голодания, так и при гиперкомпенсации, характеризовался более низкими показателями, нежели родительский штамм.

Таким образом, полученные данные могут свидетельствовать о связи между фосфатным обменом и подвижностью волютиновых гранул *Saccharomyces cerevisiae*, что не исключает броуновский хаотический характер их движения.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ЦИТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Калюжин В.А.

НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете

Изучался вид дрожжей *S. cerevisiae*. В природных условиях оптимальной средой для роста и развития изучаемого вида является граница раздела: субстрат – атмосфера. В частности, это может быть поверхность истечения соков растений, поврежденные плоды, ягоды и другие аналогичные природные среды. Основанием этому могут служить две причины. Первая основная причина, это абсолютная зависимость изучаемого вида от фактора роста d-биотина. Второй причиной является потребность в кислороде, так как в аэробных условиях скорость размножения дрожжей многократно превышает этот показатель в условиях гипоксии. По этой причине дрожжи, находящиеся на поверхности субстратов обеспечены растительным источником d – биотина, кислородом и минеральными источниками, что делает комфортным их существование.

Вместе с тем, популяции, обитающие на открытых поверхностях, подвергаются воздействию суточного хода температуры. Поскольку, температурный фактор является постоянно действующим, то исследовались адаптивные реакции на него, сформировавшиеся у дрожжей в процессе существования изучаемого вида на цитоморфологическом уровне. Целью работ был поиск закономерностей в адаптивных реакциях дрожжей на температурный фактор для формирования программ одного из каналов управления биотехнологическим производством.

Для исследования применялась проточная культура дрожжей, выращиваемая в режиме турбидостата. Изучались следующие показатели: длительность генеративного цикла, возрастной состав популяции и объем клеток. Длительность генеративного цикла, то есть время, необходимое для удвоения числа клеток, определялось в стационарном режиме по формуле:

$$g_{\text{час}} = \frac{ln2}{\mu\text{час}^{-1}} \quad (1),$$

где: $g_{\text{час}}$ – длительность генерации в часах;

$\mu\text{час}^{-1}$ – удельная скорость роста.

Удельную скорость роста в переходных условиях рассчитывали по формуле (Лирова, 1980):

$$\mu\text{час}_{\text{ср}}^{-1} = \frac{lnx_2 - lnx_0}{t_1 - t_0} + D\text{час}^{-1} \quad (2),$$

где: x_1 – концентрация клеток в ферментере в момент замера;

x_0 – концентрация клеток в ферментере в предыдущем замере;

$t_1 - t_0$ – интервал времени в часах между замерами;

$\mu\text{час}^{-1}_{\text{ср.}}$ – среднее значение удельной скорости роста в интервале между замерами;

$D\text{час}^{-1}$ – скорость протока.

Отсюда вычисляли длительность генеративного цикла в переходных условиях (Калюжин, 1989).

$$\Delta g\text{час} = \frac{t_1 - t_0}{\frac{ln2}{\mu\text{час}^{-1}\,\text{ср}}} = \frac{t_1 - t_0}{g\text{час}} \quad (3),$$

где: Δgчас – доля генеративного цикла в интервалах времени $t_1 - t_0$;

$\mu\text{час}^{-1}$ср – среднее значение удельной скорости роста в интервале $t_1 - t_0$;

Возрастной состав культуры определяли прямым микроскопированием. Подсчитывался процент ювенильных почек, имеющих диаметр меньше или равных половине диаметра материнских клеток. Следовательно, подсчитывали долю клеток, находящихся на ранних стадиях митоза – профаза и метафаза (Семихватова, 1980; Берри, 1985), отсюда определяли длительность ювенильной фазы по формуле:

$$\tau\text{час} = S\frac{ln2}{\mu\text{час}^{-1}} \quad (4),$$

где: $\tau_{\text{час}}$ – длительность ювенильной фазы развития дрожжевой клетки;

S – вероятность обнаружения в % ювенильной клетки ;

$\mu\text{час}^{-1}$ – удельная скорость роста.

Затем определяли длительность постювенильной фазы:

$$\tau_2\,\text{час} = g\text{час} - \tau_1\,\text{час} \quad (5),$$

где: τ_2 – длительность постювенильной среды;

gчас – длительность генеративного цикла;

τ_1час – длительность ювенильной среды.

Объем клеток измерялся как прямым измерением с применением окуляр-микрометра, так и расчетным путем. Расчетное определение объема применялось при изучении переходных процессов, так как в меняющихся условиях культивирования, объем клеток изменялся настолько быстро, что прямые измерения были невозможны. По этой причине быстро изменяющийся показатель – объем клеток был привязан к более стабильному показателю – концентрации клеток.

Т.к. клетки изучаемого вида являются сферическими, с уклонением не более 5% по величине диаметра измеренного в различных направлениях, а оптическая плотность определяется светорассеиванием поверхности клеток S_1 и S_i, то была использована формула:

$$a = \frac{x_2}{x_1} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{4\pi r^2 i}{4\pi_1^2} = \frac{r_i^2}{r_1^2} \quad (6),$$

где: *a* – удельная оптическая плотность;

x_1 – концентрация клеток в стационарных условиях;

x_i - концентрация клеток в момент замера;

r_i^2 – квадрат радиуса в момент замера;

r_1^2 – квадрат радиуса эталонного замера.

Отсюда определяется объем клеток:

$$V\text{мк}^3 = \frac{4}{3}\pi r^3 (7),$$

где: Vмк^3 – объем клеток;

r – радиус клетки в момент замера.

В контрольных измерениях было показано, что отличие расчетного объема отличается не более чем на 5% от прямых измерений. В свою очередь, системы, контролирующие работу использованного турбидостата, работали с точностью ±0,3%.

Опыты проводились с использованием синтетической среды (Калюжин, 1989), при pH 4, интенсивность аэрации 400–600 л воздуха на 1 л среды в час, концентрация компонентов среды была насыщающая, температура поддерживалась с точностью ±0,1 °С, подсчет клеток велся на камере Горяева, интервалы между замерами 0,5 ч, опыты проводились с 6–10-кратным повтором. Следующим показателем, вытекающим из величины объема клетки, является показатель, отражающий скорость объемного роста клетки. Данная величина рассчитывалась по формуле:

$$\text{Vмк}^3/\text{час} = \frac{V_i\text{мк}^3}{g\text{час}} (8),$$

где:

Vмк^3/час – скорость увеличения объема клетки в мк^3/ час; *Vi* мк^3 – объем клетки;

*g*час – длительность генеративного цикла.

В 1-й серии опытов измерялись показатели у дрожжевой культуры, растущей при стационарном температурном режиме. Для этой цели дрожжи в течение 12 поколений выращивались при постоянной температуре, и затем проводился замер изучаемых показателей. После чего температура изменялась, и через 12 поколений проводился новый замер. Результаты представлены в табл. 1. Полученные первичные результаты позволили провести расчеты для сравнительного анализа изучаемых показателей. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1. Влияние постоянной температуры культивирования на цитоморфологические показатели турбидостатной культуры дрожжей.

t° культивирования	Средний объем клеток в мк^3	Доля ювенильных клеток в %	Длительность генеративного цикла в час
14	59,8 ± 6	6,4 ± 0,4	8,7 ± 0,6
20	49,3 ± 4	6,5 ± 0,3	5,1 ± 0,4
25	41,6 ± 4	6,2 ± 0,4	3,1 ± 0,2
30	39,8 ± 3	6,2 ± 0,3	2,3 ± 0,1
36	52,2 ± 5	5,4 0,4	3,1 ± 0,2
37,5	59,9 ± 8	3,5 ± 0,2	5,1 ± 0,3
39	84,7 ± 9	3,2 ± 0,2	9,9 ± 0,8

Таблица 2. Сравнительные величины изучаемых показателей по влиянию постоянной температуры культивирования на дрожжи.

Температура культивирования, t°C	Скорость объемного роста, мк^3/час	Отношение скорости объемного роста при *t*° = 30 °C и скорости при t°$_i$	Отношение длительности генерации при t°$_i$ к длительности при 30 °C	Отношение длительности ювенильной фазы к постювенильной τ_1/τ_2
14	6,9	2,5	3,8	0,071
20	9,9	1,8	2,2	0,072
25	13,6	1,3	1,3	0,071
30	17,4	1	1	0,072
36	1,74	1	1,3	0,05
37,5	12	1,5	2,2	0,03
39	8,6	2,0	4,3	0,027

Сравнение результатов представленных в таблицах 1 и 2 позволяет сделать выводы:

1. Длительность генеративного цикла зависит от температуры культивирования во всем интервале температур;

2. длительность генеративного цикла зависит от объема клеток. Чем больше объем клеток, тем меньше скорость размножения;

3. Доля ювенильных клеток при супраоптимальной температуре меньше, чем при оптимальной – субоптимальной, что приводит к снижению отношения τ_1/τ_2 в области супраоптимальной температуры.

4. Скорость объемного роста в меньшей степени зависит от температуры, чем скорость размножения. Так, при температуре 14 °С и 39 °С скорость размножения замедляется в 3,8 и 4,3 раза, соответственно, в сравнении с 30 °С, а скорость объемного роста замедляется в 2,5 и 2 раза (табл. 2).

Однако эти выводы относятся к культуре длительное время – в течение 12 поколений растущих при постоянной температуре. В свою очередь, было предложено, что культуры, растущие в условиях моделирующих суточный ход температуры, где температурный режим постоянно меняется, закономерности ответной реакции на температурный фактор могут быть иным. Для проверки этого предположения дрожжи выращивались при постоянной температуре $t°_1$ затем температуру культивирования изменяли до значения $t°_2$.

В опытах был охвачен весь возможный интервал суточного хода температуры: переход от ночного понижения, до полуденного максимума с дальнейшим вечерним понижением, с ночным минимумом, характерным для средних и низких географических широт в летний период. Замеры изучаемых показателей проводили при новой температуре $t°_2$ по истечению первого поколения после смены температуры. Этот период времени наиболее вероятен в условиях природного суточного хода температуры.

Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Величины изучаемых показателей у турбидостатной культуры дрожжей по истечению первого поколения после смены температуры.

Температурный переход $t°_1 \rightarrow t°_2$	Длительность первой генерации при $t°_2$ в час	Объем клеток в мк^3	Скорость объемного роста в мк^3/час	Отношение длительности ювенильной фазы к постювенильной τ_1/τ_2
14 → 30°	2,4 ± 0.1	63	26,4	0,075
20 → 30°	2,4 ± 0,2	68	28,6	0,072
25 → 30°	2,2 ± 0,1	51	22,7	0,071
30 → 14°	10,1 ± 0,9	51	5,1	0,067
30 → 20°	5,1 ± 0,3	41	7,8	0,07
30 → 25°	3,6 ± 0,4	47	13,1	0,065
30 → 37.5°	2,5 ± 0,2	47	18,8	0,071
30 → 39°	2,7 ± 0,2	61	22.2	0,065
30 → 40°	4,2 ± 0,8	66	15.7	0,073
37.5 → 30°	3,8 ± 0.2	55	14.5	0,061
39 → 30°	4,2 ± 0,3	72	17.1	0,061
14 → 39°	3,3 ± 0,3	77	23.7	0,07
20 → 37.5°	2,6 ± 0,1	63	24.2	0,065
20 → 40°	4,9 ± 0,6	69	14.1	0,063
39 → 14°	13,8 ± 1,2	68	4.9	0,06
37.5 → 20°	8,3 ± 1,4	55	6,6	0,06

Из результатов, представленных в табл. 3, следуют следующие выводы:

1. Длительность генеративного цикла не зависит от температуры культивирования при переходах $t°_1 \rightarrow t°_2$ от температуры $t°_2$ при переходах из области субоптимальной – оптимальной в область супраоптимальной температуры (14 – 30 °С) → (37,5 – 39 °С). При других переходах зависимость сохраняется.

2. Не прослеживается зависимость длительности генеративного цикла от объема клеток.

3. Доля ювенильных клеток после температурного перехода $t°_1 \rightarrow t°_2$ при $t°_2$ одинакова во всем изученном температурном интервале, что обеспечивает постоянство отношения длительности ювенильной фазы к постювенильной τ_1/τ_2.

Результаты получены при изучении культуры, находящейся в течение 12 поколений при постоянной температуре (табл. 1,2) с культурой, подвергающейся кратковременному воздействию (табл. 3) позволяет выделить существенные различия. Так при длитель-

ном воздействии температурного фактора защитные ресурсы клеток истощены и цитофизиологические функции полностью подчинены новому температурному режиму. Однако, в природных условиях такие длительные воздействия для изучаемого вида невозможны и в реальных условиях ведущая роль в формировании ответной реакции определяется защитным резервом клетки. Различия следующие:

1. Так при переходных процессах в область супраоптимальной температуры защитные системы обеспечивают сохранение высокой скорости размножения. Более того, например, при переходе 14 → 39° супраоптимальная температура является фактором стимулирующим размножение, так как скорость размножения в 3 раза больше, чем при 39° при стационарном режиме (табл. 1, 3).

2. При стационарном температурном режиме наблюдается зависимость скорости размножения дрожжей от объема клеток (табл. 1). Мы попытались дать физическое объяснение этого эффекта. Известно, что поверхностная энергия Гиббса определяется формулой $G_s = \delta S$ (9),

где Gs – поверхностная энергия Гиббса;

δ – поверхностное натяжение;

S – площадь раздела фаз.

Так при уменьшении размеров клетки возрастает суммарная площадь поверхности клеток. Согласно второму закону термодинамики, энергия Гиббса стремится к минимуму. Поскольку при оптимальной температуре 30 °С кривизна поверхности и величина суммарной площади клеток, а следовательно, энергия Гиббса максимальна, то для объекта с упругой оболочкой требуется максимальный расход энергии для стабилизации этого показателя. В оптимальных условиях клетка, очевидно, способна пойти на такие энергетические расходы, так как минимальные размеры позволяют поддерживать максимальную плотность популяции, выгодного в борьбе вида за существование. При субоптимальной и супраоптимальной температуре поверхностная энергия снижается за счет увеличения объема клеток, так как в дискомфортных условиях энергетические расходы на поддержание малого объема становятся непомерными.

При переходных процессах очевидно доминирующая роль принадлежит величине поверхностного натяжения. По этой причине теряется зависимость объем – скорость размножения. Вместе с тем, обращает на себя внимание такой показатель как скорость объемного роста. В стационарных условиях скорость объемного роста в меньшей степени зависит от температуры, чем скорость размножения. В переходных условиях эта зависимость не просматривается.

3. При стационарном температурном режиме при супраоптимальной температуре наблюдается значительное сокращение числа клеток с ювенильными почками, находящихся на ранних стадиях митоза. Поскольку, ранняя стадия митоза является наиболее уязвимая для внешних факторов, то сокращение относительной длительности ранних фаз митоза, что видно из динамики отношения τ_1/τ_2, очевидно, свидетельствует об адаптивной функции, обеспечивающей клетке быстрое прохождение стадии наибольшей чувствительности. При переходных процессах клетки более защищены и поэтому отношение τ_1/τ_2 стабильно во всех опытах. В обобщенном виде, можно утверждать, что в условиях близким к естественным, адаптивный ресурс позволяет дрожжевым клеткам сохранять высокую биосинтетическую активность, включая синтез нуклеиновых кислот различного назначения и других компонентов клетки, в условиях супраоптимальной температуры. В свою очередь, оптимальный метаболизм у дрожжей при супраоптимальной температуре, при переходных процессах, зависит от эффективности работы хемиосмотической энергетической системы клетки (Калюжин, 2012).

Список литературы

1. Лирова С.А. Переходные состояния хемостатных культур микроорганизмов как метод изучения их физиологии при различных условиях культивирования. Теория и практика непрерывного культивирования микроорганизмов. М.: Наука. 1980: 59-82.
2. Калюжин В.А. Рост турбидостатной культуры дрожжей в условиях теплового стресса при различных pH среды. Микробиология. 1989; 58(4): 591-5.
3. Семихатова Н.М. Хлебопекарные дрожжи. М.: Пищепромиздат. 1980: 201с.
4. Берри Д. Биология дрожжей. М.: Мир. 1985: 95 с.
5. Калюжин В.А. Свойство терморезистентности дрожжей S. cerevisiae. Диплом на открытие №440. 2012.

ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ ГЛИКОЛИПИДЫ ДРОЖЖЕЙ: СТРУКТУРНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Кулаковская Е.В.

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрябина РАН, Пущино

Наиболее изученными вторичных метаболитов являются целлобиозолипиды, маннозилэритритлипиды (MEL) и софоролипиды. Разнообразие гликолипидов обусловлено различной структурой углеводной части, наличием и составом О-заместителей, а также количеством, длиной цепи и степенью гидроксилирования жирнокислотных остатков. Эти различия определяют свойства данных соединений и важны для их активности. Некоторые продуценты способны секретировать смесь гликолипидов различной структуры.

В первую очередь, внеклеточные гликолипиды рассматриваются, как биосурфактанты, облегчающие солюбилизацию и поглощение клетками гидрофобных соединений, используемых клетками в качестве источников углерода. Благодаря наличию в их молекулах гидрофобных жирнокислотных и гидрофильных сахарных остатков, гликолипиды обладают амфифильными свойствами. Это обусловливает их разнообразную биологическую активность, связанную со способностью взаимодействовать с биологическими мембранами. Имеются сообщения об антибиотической, противовоспалительной и противораковой активности софоролипидов и MEL. MEL также обладают антиоксидантными свойствами и способностью восстанавливать поврежденные клетки кожи и волосяной луковицы.

Целлобиозолипиды являются перспективными фунгицидами, активными против ряда видов дрожжей и мицелиальных грибов, включая медицински и сельскохозяйственно важные виды. Софоролипиды, согласно нашим данным, также обладают фунгицидной активностью, однако концентрации, при которых она проявляется, примерно в 100–200 раз выше, чем у целлобиозолипида *Cryptococcus humicola*. Для базидиомицетных дрожжей *Filobasidiella neoformans* минимальная ингибирующая концентрация составляет 0,005 мг/мл целлобиозолипида и 1 мг/мл софоролипида. Для аскомицетных дрожжей *Candida tropicalis* МИК была равна 0,04 мг/мл целлобиозолипида и 8 мг/мл софоролипида.

Для подавления роста проверенных нами мицелиальных аскомицетных и низших грибов требовались количества целлобиозолипидов, близкие к тем, которые подавляли рост аскомицетных дрожжей. Целлобиозолипид *Pseudozyma graminicola* подавлял рост грибов более эффективно по сравнению с целлобиозолипидом *Cryptococcus humicola.* Этот гликолипид подавлял рост таких фитопатогенных грибов *Phomopsis helianthi* и *Sclerotinia sclerotiorum, а также грибов Mortierella isabellina и Mucor mucedo. Mortierella isabellina* не проявляла чувствительности к гликолипиду *Cr. humicola* при использованном количестве этого соединения, а остальные грибы давали меньшие зоны отсутствия роста, чем при таком же количестве целлобиозолипида *Ps. graminicola*.

Что касается самих продуцентов этих фунгицидных соединений, то к целлобиозолипиду *Cr. humicola* как его собственный продуцент, так и *Ps. fusiformata* были не чувствительны даже при концентрации 0,3 мг/мл. Однако *Cr. humicola* оказались чувствительны к целлобиозолипиду *Ps. fusiformata* при концентрациях, близких к таковым для аскомицетных дрожжей (0,08 мг/мл), причем данная величина была одинакова как при выращивании как в условиях синтеза целлобиозолипидов, так и при его отсутствии. Дрожжи *Ps. fusiformata* также оказались чувствительны к собственному целлобиозолипиду, однако в условиях синтеза гликолипида минимальная ингибирующая концентрация была значительно выше, чем на глюкозопептонной среде (0,15 и 0,04 мг/мл соответственно).

Не исключено, что большая эффективность целлобиозолипида *Ps. fusiformata* по отношению к мицелиальным грибам и продуцентам гликолипидов связана с наличием дополнительного остатка жирной кислоты в остатке целлобиозы. Внеклеточные гликолипиды грибов являются перспективными соединениями для научных и практических целей. Мы использовали целлобиозолипиды в качестве специфических мембраноповреждающих агентов для изучения роли цитоплазматической мембраны в различных клеточных процессах у дрожжей. В литературе указано, что MEL – эффективный реагент для трансформации клеток.

Софоролипиды, маннозилэритриты и целлобиозолипиды привлекают внимание биотехнологов, благодаря следующим свойствам: амфифильности, малой токсичности, разноообразной биологической активности, биодеградабельности, а также возможности относительно дешевого микробиологического получения с помощью непатогенных видов грибов и с использованием дешевых питательных сред на основе различных отходов, от отходов пищевой промышленности до биодизеля. Из внеклеточных гликолипидов грибов на сегодня в практике используются софоролипиды. Это связано с тем, что именно для этих природных детергентов разработаны относительно дешевые способы микробиологического получения, с выходом целевого продукта от 100 до 400 г/л.

Широкий спектр фунгицидной активности целлобиозолипидов, включающий в себя возбудителей криптококкозов и кандидозов, а также ряд фитопатогенных грибов, термостабильность, стабильность при хранении делают целлобиозолипиды перспективными соединениями для разработки фунгицидных средств нового поколения для сельского хозяйства и медицины.

ПОЛИФОСФАТАЗЫ ДРОЖЖЕЙ: СВОЙСТВА, РОЛЬ В КЛЕТКЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Андреева Н.А., Личко Л.П., Трилисенко Л.В., Кулаковская Т.В.
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН, Пущино

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, накапливают значительное количество неорганических полифосфатов, полимеров ортофосфорной кислоты, участвующих не только в поддержании фосфорного гомеостаза, но и в регуляции различных биохимических процессов в клетке. Даже в условиях фосфорного голодания эти микроорганизмы сохраняют значимое количество полифосфатов в различных органеллах клетки, в том

числе в ядрах, митохондриях, вакуолях и клеточной оболочке. В связи с важностью полифосфатов в регуляции метаболизма, у дрожжей имеется ряд ферментов, участвующих в биосинтезе и деградации полифосфатов. К их числу относятся специфические полифосфатазы: экзополифосфатазы, отщепляющие фосфат с конца полимерной цепи полифосфатов, и эндополифосфатазы, фрагментирующие длинноцепочечные полимеры на более короткоцепочечные. У *S. cerevisiae* идентифицированы две экзополифосфатазы, PPX1 и PPN1.

Эти ферменты примечательны структурной гомологией с белками млекопитающих, хотя какой-либо гомологии по первичной структуре между ними не наблюдается. Стандартная программа BLAST выявляет высокое сходство между дрожжевой экзополифосфатазой PPX1 и человеческим белком prune, который является партнером метастатического супрессора nm23-H1 и обладает полифосфатазной активностью. Меньшее, но заметное сходство по последовательности выявлено между PPN1 и ферментом кишечника человека, кислой сфингомиелиназоподобной фосфодиэстеразой.

Свойства очищенных PPX1 и PPN1 существенно различаются. PPX1 более активна с короткоцепочечными полифосфатами и хорошо гидролизует трифосфат, тогда как PPN1 слабо гидролизует трифосфат и более активна с длинноцепочечными полифосфатами. PPX1, в отличие от PPN1, гидролизует также аденозин – и гуанозинтетрафосфаты, а также обладает небольшой фосфоэстеразной активностью по отношению к цАМФ. Последняя полностью подавляется в присутствии полифосфатов. PPN1 наряду с экзополифосфатазной активностью проявляет также эндополифосфатазную активность. Установлено, что в присутствии Mg^{2+}, этот фермент фрагментирует длинноцепочечные полифосфаты до полимеров с длиной цепи 45-60 фосфатных остатков, тогда как в присутствии Co^{2+} фермент отщепляет фосфат с конца полимерной цепи субстрата. АТФ подавляет эндополифосфатазную активность, а АДФ стимулирует ее. Такого эффекта на экзополифосфатазную активность не обнаружено. PPX1 локализована в цитоплазме, клеточной оболочке и матриксе митохондрий, тогда как PPN1 – в мембранах митохондрий, вакуолях и ядрах.

Появление PPN1 в цитоплазме наблюдается при специфических условиях: у мутантов, лишенных PPX1, а также в условиях сверхсинтеза полифосфатов после фосфорного голодания. Различна роль двух полифосфатаз дрожжей PPX1 и PPN1 в метаболизме полифосфатов: в обычных условиях PPX1 не принимает непосредственного участия в метаболизме полифосфатов, тогда как PPN1 ответственна как за фрагментацию длинноцепочечных полимеров до более коротких, так и за полный гидролиз до ортофосфата. В клетках штамма, сверхэкспрессирующего PPX1, не наблюдали изменений содержания полифосфатов, тогда как в клетках штамма, сверхэкспрессирующего PPN1, в несколько раз снижен уровень полифосфатов цитоплазмы.

На сегодня полифосфаты широко применяются в пищевой промышленности, где необходимо иметь возможность контроля их количества в продуктах. Полифосфаты играют важную роль в свертываемости крови и образовании тромбов, а также в развитии костной ткани. В связи с этим возникает необходимость анализа их содержания в крови и других биологических объектах. Обе полифосфатазы дрожжей не расщепляют пирофосфат и благодаря своей субстратной специфичности перспективны для разработки аналитических средств обнаружения и количественного определения полифосфатов.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ КАРБОНИЛИРОВАНИЯ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ БЕЛКОВ У МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ

Мажейка И.С., Буданова Е.В., Кудрявцева О.А., Штаер О.В., Камзолкина О.В.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Микологическая геронтология – перспективное направление современной биологической науки. Понимание механизмов, лежащих в основе старения (омоложения) грибов, прокладывает дорогу к созданию единой геронтологической концепции, прикладным следствием которой может стать, в том числе, управление продолжительностью жизни человека [1].

Для полноценной экспериментальной работы в области геронтологии прежде всего необходимо эффективно маркировать биологический возраст клеток. Известно большое количество маркеров старения, многие из них являются одновременно и маркерами оксидативного клеточного стресса. Среди биохимических и молекулярных маркеров чаще всего используют: 8-OHdG (модифицированный дезоксигуанозин) и γH2AX (гистоновый маркер ДНК-разрывов), карбонилированные белки и AGE-белки (гликолизированные модификации белков), пероксиды липидов, активные формы кислорода и др. [2, 3, 4]. Выявление маркеров различными способами, их качественная и количественная оценка позволяют определить степень внутриклеточных нарушений и модификаций, сопряженных в той или иной мере с изменением биологического возраста. Но, как и при решении многих других био-

логических вопросов, анализ биологического возраста клеток следует проводить по совокупности маркеров и с учетом «контекста» конкретного объекта и условий, в которые он помещен. Чаще всего такой анализ носит сравнительный характер (например, материнская клетка пивных дрожжей после почкования становится биологически более старой, чем ее дочерняя клетка, о чем свидетельствует более мощный флюоресцентный сигнал иммунного мечения карбонилированных белков) [3, 5].

Карбонилированные белки – один из часто используемых в экспериментах маркеров старения. Такие белки представляют собой одну из форм оксидативной модификации белков, при которой в боковых группах некоторых аминокислот формируются альдегидные и кетонные группы (карбонильные группы) [6]. Существуют различные методы выявления карбонилированных белков. Наиболее распространены методы, основанные на реакции связывания карбонильных групп с динитрофенолгидразином (ДНФГ). Связанные с белками динитрофенольные группы затем можно выявить как напрямую спектрофотометрически, так и иммунологическими методами [7].

В настоящем исследовании мы оптимизировали для работы с мицелием грибов два метода количественной/полуколичественной оценки степени карбонилированности белков – спектрофотометрический метод (СФ-метод) и метод ДМСО-иммунодотинга (ДМСО – диметилсульфоксид) [6, 8, 9]. Оба метода включают в своих протоколах реакцию с ДНФГ. СФ-метод ранее другие авторы применяли для работы с мицелиальными грибами [10], ДМСО-иммунодотинг отработан нами для грибов впервые. Мы сравнили эффективность, требовательность, простоту и другие показатели данных двух методов в применении к грибам. ДМСО-иммунодотинг оказался предпочтителен.

В работе использовали сордариевые грибы *Podospora anserina* и *Sordaria macrospora*. Первый из названных грибов обладает в определенных лабораторных условиях выраженным репликативным старением [11], второй гриб – нет.

Для СФ-метода получали клеточные лизаты путем растирания мицелия в стеклянном гомогенизаторе в низкомолярном фосфатно-солевом буфере. Нуклеиновые кислоты (НК), количество которых в клеточных лизатах обычно существенно, и которые также реагируют с ДНФГ, согласно распространенным в литературе протоколам удаляют с помощью стрептомицина. Однако мы показали, что данный антибиотик лучше исключить из опыта поскольку он дает, как и белки, цветную реакцию с кумасси R250, значительно искажая результаты измерения количества белков дот-методом на бумаге. Также стрептомицин, хотя и менее значительно, интерферирует с BCA-методом и фотометрическим способом оценки белковых концентраций по поглощению при 280 нм.

Преципитированные с помощью трихлоруксусной кислоты белки из грибного лизата затем инкубировали с ДНФГ в кислой среде, вновь преципитировали и отмывали смесью этилена с этилацетатом. Двойная преципитация белков, с одной стороны, позволяет получить допустимо чистые от примеси НК белки, что замещает действие стрептомицина. С другой стороны, такой подход приводит к потере белковой массы и дает нестабильное количество примесных НК в разных опытах. При работе с ДМСО-иммунодотингом мы показали, что отмывка белков в смеси этилена и этилацетата значительно снижает сигнал в мембранах, что может указывать и на нежелательное использование данных реактивов в СФ-методе. Конечный белковый пеллет растворяли в кислом гуанидингидрохлориде; поглощение, обусловленное связанными с белками динитрофенольными группами, измеряли при 380 нм.

В случае ДМСО-иммуннодотинга также получали клеточный лизат в стеклянном гомогенизаторе, но белки выделяли не в водный буфер, а в ДМСО с небольшим количеством воды и трехфторуксусной кислоты. Большинство белков хорошо растворяются в ДМСО-водном растворе, и такой раствор, в отличие от водных буферов, прекрасно смачивает PVDF-мембраны. Кроме того, ДНФГ легко растворим в ДМСО, хорошо хранится в нем. Измерение концентрации белков проводили, как и сам иммунодотинг, на PVDF-мембранах. Причем для такого измерения достаточно нескольких микролитров образца с содержанием белков не ниже 0,3 мг/мл. Количество белков в каждом доте при постановке иммунной реакции 2–10 нг. Протокол не требует активации/смачивания PVDF-мембран, а также их долгих отмывок и использования метанола. Иммунная реакция требует малого количества антител (разведения 1:10000 и 1:150000 для первичных и вторичных антител, соответственно) и небольшого объема рабочих растворов из-за малого размера мембран. Выявление сигнала проводили хемилюминесцентным методом.

Преимущества ДМСО-иммуннодотинга перед СФ-методом следующие: нет или мало влияние НК на результаты из-за низкого связывания НК с PVDF; требуется намного меньшее количество выделенных белков (микролитры против миллилитров, 0,3 мг/мл против 1-2 мг/мл); нет многочисленных манипуляций, приводящих к потере белков, а, возможно, – и к изменению их состава; намного большая чувствительность (2-10 нг конечных белков против минимум 100 мкг в случае использования спектрофотометра СФ-102); независимость от приборов и их погрешностей (нужен только компьютер со сканером для оцифровки рентгенопленок).

Таким образом, метод ДМСО-иммунодотинга является простым, быстрым и прецизионным методом измерения степени карбонилирования белков в грибном мицелии. Очевидно, он применим и для работы с другими маркерами старения, например, AGE-белками. СФ-метод, несмотря на его распространенность (многие фирмы даже продают наборы для СФ-метода), в том числе в клинических приложениях, мы оценили как более требовательный и менее точный/стабильный метод с наличием методически “подозрительных” экспериментальных этапов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00864 и Программы развития МГУ – ПНР 10.

Список литературы

1. Мажейка И.С., Кудрявцева О.А., Камзолкина О.В. Контроль продолжительности жизни у грибов и других организмов. Концепция весов. Журнал общей биологии. 2011; 72: 243–68
2. Koll F, Sidoti C, Rincheval V, Lecellier G. Mitochondrial membrane potential and ageing in Podospora anserina. Mech Ageing Dev. 2001; 122: 205-17
3. Rujano MA, Bosveld F, Salomons FA et all. Polarised asymmetric inheritance of accumulated protein damage in higher eukaryotes. PLoS Biol. 2006; 4: 2325-35
4. Passos JF, Saretzki G, Ahmed S et all. Mitochondrial dysfunction accounts for the stochastic heterogeneity in telomere-dependent senescence. PLoS Biol. 2007; 5: 1138-51
5. Aguilaniu H, Gustafsson L, Rigoulet M, Nyström T. Asymmetric inheritance of oxidatively damaged proteins during cytokinesis. Science. 2003; 299(5613): 1751-3
6. Reznick AZ, Packer L. Oxidative damage to proteins: spectrophotometric method for carbonyl assay. Methods Enzymol. 1994; 233: 357–63
7. Dalle-Donne I, Rossi R, Giustarini D, Milzani A, Colomboa R. Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress. Clin Chim Acta. 2003; 329: 23-38
8. Adachi H, Ishii N. Effects of tocotrienols on life span and protein carbonylation in *Caenorhabditis elegans*. J Gerontol. 2000; 55A: B28-85
9. Wehr NB, Levine RL. Quantification of protein carbonylation. In: Galluzzi L et all. (eds.). Cell Senescence: Methods and Protocols. Methods in Molecular Biology. 2013; 965: 265-81
10. Angelova M, Pashova S, Spasova B et all. Oxidative stress response of filamentous fungi induced by hydrogen peroxide and paraquat. Mycol Res. 2005; 109: 150–58
11. Osiewacz HD. Aging and mitochondrial dysfunction in the filamentous fungus *Podospora anserina.* In: Topics Curr Genet: Model Systems in Aging. Nystrxm T. Osiewacz H.D. (Eds.). Berlin. Heidelberg. NY: Springer-Verlag, 2004: 17-31

KOMAGATAELLA KURTZMANII NAUMOV ET AL. – БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД ДРОЖЖЕЙ

***Мещерякова Е.В.*[1,2], Кондратьева В.И.[1], Наумова Е.С.[1], Наумов Г.И.[1]**
[1]ГНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов, Москва
[2]Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Характерной особенностью дрожжей рода *Komagataella* является их способность расти на метаноле как на единственном источнике углерода. Обладая сильными индуцируемыми метанолом промоторами, эти дрожжи широко используются в биотехнологии для производства рекомбинантных белков различного назначения. Очевидно большое прикладное значение дрожжей *Komagataella* способствовало их тщательной классификации и идентификации.

Установлено, что в прошлом таксономический вид *Komagataella* (*Pichia*) *pastoris* (Guilliermond) Yamada et al. 1995 [1] является родовым комплексом, по меньшей мере, шести фенотипически сходных видов: *K. pastoris*, *K. pseudopastoris* Dlauchi et al. 2003, *K. phaffii* Kurtzman 2005, *K. populi* Kurtzman 2012 [2], *K. ulmi* Kurtzman 2012 [2] и недавно описанного вида *K. kurtzmanii* Naumov et al. 2013 [3].

Первые два вышеприведенных вида имеют европейское происхождение, остальные – североамериканское. Большинство штаммов *Komagataella* было изолировано из сокотечений деревьев и разлагающейся древесины. Три вида (*K. pastoris*, *K. phaffi* и *K. kurtzmanii*) используются в генетической инженерии и биотехнологии для получения рекомбинантных белков.

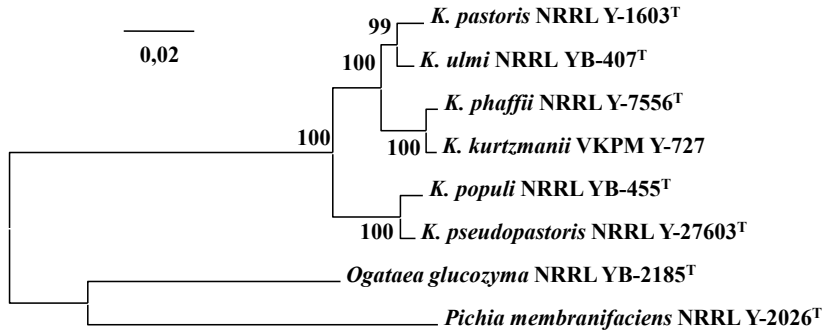


Рисунок. Филогенетический анализ дрожжей рода *Komagataella*. Шкала соответствует 20 нуклеотидным заменам на 1000 нуклеотидных позиций. Т – типовая культура.

На рисунке представлено филогенетическое родство этих видов-двойников на основе сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей домена D1/D2 и ITS1/ITS2-участка рДНК, фактора элонгации EF-1α, РНК полимеразы II и митохондриальной SSU рРНК [3].

Мы провели детальное генетическое изучение дрожжей *K. kurtzmanii*. С помощью УФ-облучения у типовых культур всех шести видов *Komagataella* были получены ауксотрофные мутанты. Гаплонтный жизненный цикл дрожжей *Komagataella* значительно упрощает проведение их гибридизации.

Межвидовые гибриды получали массовым скрещиванием гаплоидных клеток, обладающих комплементарными ауксотрофными мутациями на голодной ацетатной среде. Рост прототрофных гибридов наблюдали через 2–3 сут в местах пересечения отпечатков. В качестве контроля изучалась жизнеспособность аскоспор исходных дрожжей. Жизнеспособность аскоспор большинства изученных штаммов составила 80–89%. Исключением является только типовая культура *K. pseudopastoris* NRRL Y-27603, имеющая жизнеспособность аскоспор 50%.

Генетическое родство изученных штаммов определяли по способности скрещиваться, жизнеспособности гибридного потомства и рекомбинации ауксотрофных контрольных маркеров.

Ауксотрофные мутанты типовых культур *K. ulmi* NRRL YB-407, *K. populi* NRRL YB-455, *K. pastotis* ВКПМ Y-3262, *K. phafii* NRRL Y-7556, *K. pseudopastoris* NRRL Y-27603 были скрещены с комплементарными ауксотрофными мутантами штамма *K. kurtzmanii* ВКПМ Y-727. Гибридные колонии были обнаружены во всех вариантах.

Таблица. Гибридологический анализ межвидовых гибридов дрожжей *Komagataella*

№№ гибридов	Происхождение гибридов, генотипы	Число изолированных спор	Жизнеспособность спор, %	Расщепление контрольных маркеров AB:aB:Ab:ab на случайной выборке спор
1	727 × 407 *arg 16/met3*	96	4	18: 0: 102: 0
2	727 × 455 *arg16/ade6*	103	0	122: 4: 12: 0
3	727 × 3262 *arg16/his2*	102	1	100: 3: 25: 0
4	727 × 7556 *arg16/lys3*	112	7	102: 1: 15: 0
5	727 × 27603 *arg16/met2*	192	6	26: 16: 81: 0

В таблице приводится гибридологический анализ полученных межвидовых гибридов. У каждого гибрида было изолировано от 96 до 192 аскоспор. Поскольку жизнеспособность гибридных аскоспор была достаточно низкая (от 0 до 7%), был проведен анализ случайной выборки спор.

Практически все выжившие сегреганты при проведении тетрадного анализа оказались прототрофами. На случайной выборке спор показано характерное для межвидовых гибридов аномальное расщепление по всем использованным маркерам. Подавляющее число моноспоровых клонов было прототрофным, моноауксотрофные сегреганты встречались крайне редко, рекомбинантные двойные ауксотрофы вообще не обнаружены.

Это свидетельствует об отсутствии у гибридов нормального мейотического деления – редукции хромосомного набора. Низкая жизнеспособность аскоспор всех полученных гибридов (№№ 1–5), а также отсутствие нормального дигенного мейотического расщепления контрольных маркеров свидетельствуют о репродуктивной изоляции дрожжей *K. kurtzmanii* от остальных пяти видов рода *Komagataella*.

Обратим внимание на то, что дрожжи *K. kurtzmanii* ВКПМ Y-727 скрещивались со всеми остальными видами рода *Komagataella*. Очевидно, что виды этого рода имеют одну и ту же систему типов спаривания. Результаты гибридологического анализа указывают на то, что род *Komagataella*, созданный на основе филогенетического анализа [1–4], отвечает концепции генетического рода аскомицетных грибов, согласно которой виды одного рода обладают общей системой типов спаривания, позволяющей им скрещиваться в любой комбинации [5].

При этом, генетические роды охватывают настоящие биологические виды, имеющие постзиготическую изоляцию – нежизнеспособные продукты мейоза (аскоспоры) гибридов. Следует отметить, что генетический род это не только теоретическая, но также операционная концепция. Она позволяет экспериментально определять, на основании половой гибридизации, принадлежность дрожжей к определенному роду.

Список литературы

1. Yamada Y, Matsuda M, Maeda K, Mikata K. The phylogenetic relationships of methanol-assimilating yeasts based on the partial sequences of 18S and 26S ribosomal RNAs: the proposal of *Komagataella* gen. nov. (Saccharomycetaceae). Biosci Biotechnol Biochem. 1995; 59: 439-44.
2. Kurtzman CP. *Komagataella populi* sp. nov. and *Komagataella ulmi* sp. nov., two new methanol assimilating yeasts from exudates of deciduous trees. Antonie van Leeuwenhoek. 2012; 101: 859-68.
3. Naumov GI, Naumova ES, Tyurin OV, Kozlov DG. *Komagataella kurtzmanii* sp. nov., a new sibling species of *Komagataella* (*Pichia*) *pastoris* in accordance with multigene sequence analysis. Antonie van Leeuwenhoek. 201; 104(3): 339-47.
4. Kurtzman CP., Komagataella Y. Yamada, Matsuda, Maeda & Mikata 1995. The Yeast. A taxonomic study. Eds. Kurtzman CP, Fell J, Boekhout T. 5th ed. Amsterdam: Elsevier. 2011; 2: 491-5.
5. Наумов Г.И. Генетическая концепция рода у грибов. ДАН СССР. 1978; 241(4): 952-4.

БДЕЛЛОВИБРИОНОПОДОБНЫЕ БАКТЕРИИ, ПАРАЗИТИРУЮЩИЕ В КЛЕТКАХ ГРИБОВ РОДА *CANDIDA*

Мурадова С.А., Караев З.О., Курбанов А.И.,Гурбанова С.Ф
Азербайджанский медицинский университет, Баку

Ранее мы обнаружили бделловибрионоподобные бактерии, паразитирующие клетках в грибов рода *Candida*. При росте некоторых штаммов грибов рода Candida на питательной среде Сабуро, при посеве их газоном, наблюдали стерильные зоны [1, 2].

При изучении этого феномена выяснилось, что лизис клеток грибов рода *Candid*a связан с эндобактериями-паразитами. Подобно бделловибрионам они подвергают клетки-хозяина значительным структурным изменениям, приводящим к их гибели. Известно, что паразитические бактерии, подобные бделловибрионам широко распространены в природе и их объектами атаки являются практически все бактерии, в основном грамотрицательные [3, 4], они играют большую роль в ликвидации болезнетворных микробов в окружающей среде [5, 6]. Так же рассматривается применение бделловибрионов и им подобных бактерий в медицинских целях [7]. Однако взаимоотношение этих бактерий с грибами рода Candida до сих пор не было изучено. Существует ограниченное количество примеров грибов, которые могут содержать внутриклеточные бактерии-паразиты [8–10]. Показано, что эндобактерии грибов локализованы внутри вакуолей, связанных с мембраной [11]. Предположительно, клетки грибов обеспечивают бактерии питательными веществами и защищают их от неблагоприятных условий [12]. Биологическая значимость взаимодействия этих бактерий с грибами остается неизвестной. Исходя из изложенного, целью настоящей работы явилось детальное изучение взаимоотношений бделловибрионоподобных бактерий с грибами рода *Candida*.

При исследовании использовали 167 штаммов грибов рода *Candida*, выделенных от больных. Бделловибрионоподобные бактерии были обнаружены во всех выделенных штаммах (100% случаев), при культивировании грибов рода *Candida* во всех питательных средах, и их рост зависел не от питательных сред, используемых при культивировании. Так же и в физиологическом растворе и в дистилированной воде, где отсутствуют питательные вещества для роста грибов, эти бактерии размножаются внутри их клеток с большей интенсивностью. Их рост также возможно наблюдать и в старых культурах, где питательных веществ в среде становится всё меньше. Необходимо отметить, что в жидких питательных средах внеклеточные формы бактерий обнаруживаются чаще, чем в твердых.

Установлено, что эти бделловибрионоподобные бактерии имеют двухстадийный жизненный цикл: внеклеточный (активно-подвижный) и внутриклеточный (состояние покоя), но отличаются от бделловибрионов тем, что они размножаются во внутриклеточных вакуолях и обе стадии протекают как внутри, так и вне клетки. Как бделловибрионы они растворяют и усваивают клетки грибов рода *Candida*.

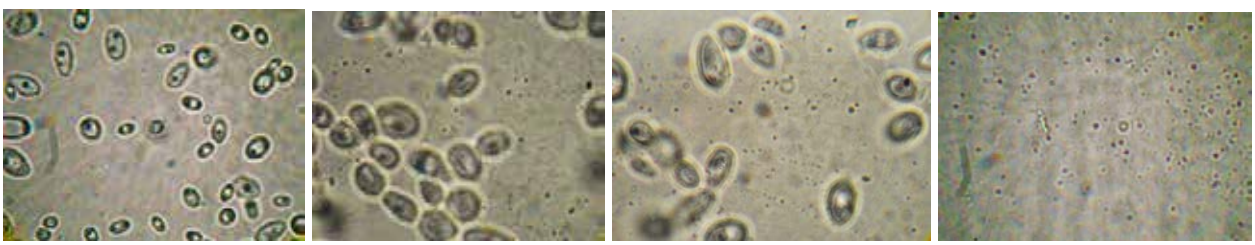


Рисунок 1. Изучение грибов рода *Candida* в препарате раздавленной капли в течение 35 дней.

На рис. 1 показаны клетки *Candid*a, которые в течение 35 дней наблюдали под световым микроскопом где отмечалось постепенное уменьшение клеток *Candida* до полного исчезновения. Одновременно, было отмечено появление внеклеточных форм бделловибрионоподобных микроорганизмов в состоянии покоя, количество которых постепенно увеличивалось. Одновременно также встречались активноподвижные формы паразитов. Следует отметить, что размножение бделловибрионоподобных бактерий в клетках грибов и выход их из них происходил постепенно.

По мере выхода зрелых паразитов из клеток гриба, происходят основательные изменения в клетках-хозяина; в первую очередь нарушение целостности и прочности клеточной мембраны. Изменяются контуры клетки, возникают шаровидные сферопласты. На начальных стадиях развития бделловибрионоподобных бактерий, не смотря на изменение в клетках грибов, они ещё сохраняют жизнеспособность и могут размножаться. При этом бактерии-паразиты передаются дочерним клеткам через вакуоли. Конечный результат развития паразитов в клетках хозяина это их разрушенные остатки, которые используются как питательная среда.

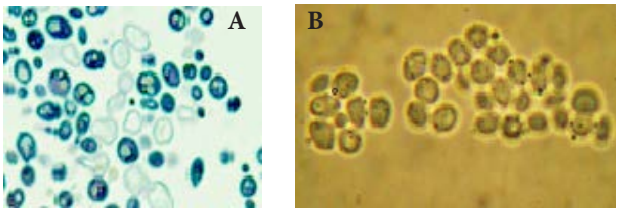


Рис. 2. А. Бделловибрионоподобные бактерии внутри клетки в состоянии покоя, фиксированные на мембране вакуоли и клеточной стенки (препарат раздавленной капли); В. микроскопия тонких срезов под световым микроскопом.

Взаимоотношения с грибами рода *Candida* бделловибрионоподобных бактерий в препарате «раздавленной капли» наблюдали в течение определенного времени. В первые дни в клетках грибов Candida образовывалась вакуоль, а через несколько дней внутри их отчетливо наблюдались подвижные микроорганизмы (1–2 особей). В последующие дни число вакуолей становилось больше (2–4 и выше) и они имели разную величину, затем сливаясь друг с другом образовывали единую крупную вакуоль, охватывающую всю клетку

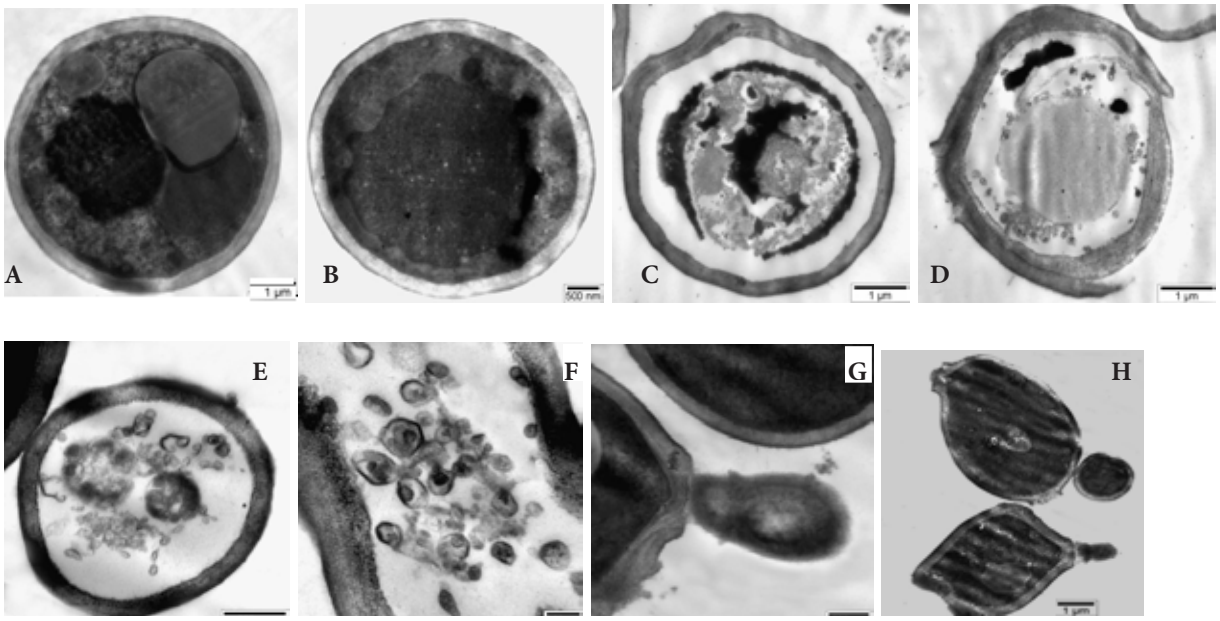


Рисунок 3. Поэтапные структурные изменения клеток *Candid*a, вызванные размножением бделловибрионоподобных бактерий. А – ультраструктура клетки *Candida*; В – клетка, где происходит пространственная реорганизации органелл с образованием гомогенной структуры, С–F –последовательные структурные изменения и разрушение клеточной мембраны грибов по мере выхода паразитов; G – выход паразита из клетки хозяина; Н–сравнение выхода паразита из клетки-хозяина с отделением бластоспоры от материнской клетки.

(рис. 2 А). Растущие и подвижные особи бделловибрионоподобных микроорганизмов фиксировались на мембране вакуоли и клетки (рис. 2В). Находящиеся в состоянии покоя на мембране вакуолей и самих клеток, они хорошо видны как в окрашенных, так и неокрашенных препаратах (раздавленная капля).

В состоянии покоя внеклеточные формы бделловибрионоподобных бактерий образуют бделлопласты разных размеров, вокруг которых наблюдается капсулоподобный слой (рис. 1).

Изучение взаимоотношения бделловибрионоподобных микроорганизмов с грибами рода *Candid*a под электронным микроскопом подтвердили наши предположения. Размножение бделловибрионоподобных микроорганизмов вызывает значительные изменения в клетках *Candida*. Прежде всего наблюдается изме-

нение пространственной реорганизации органелл с последующим образованием гомогенной структуры. По мере размножения паразитов и выхода их из клетки электронно-плотная гомогенная структура клетки становится всё менее плотной. В конце формируются «пустые» клетки, а при выходе паразитов (рис. 3 G) на клетках образуются рубцы (рис. 3 G, H).

На рис. 4 показаны внутри- и внеклеточные формы бделловибрионоподобных микроорганизмов паразитирующих у грибов рода *Candida*.

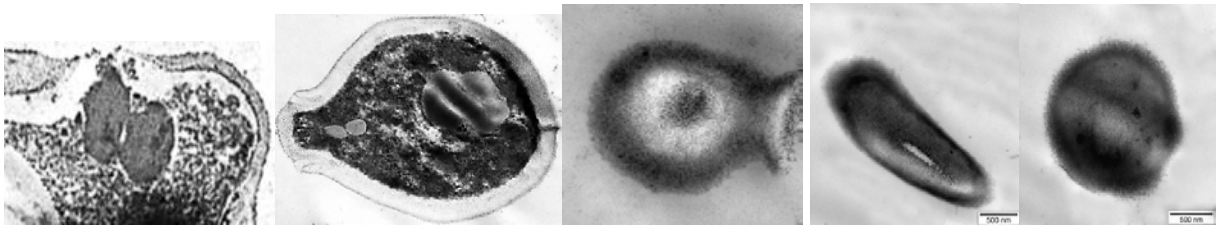


Рисунок. 4. Электронно микроскопические виды бделловибрионоподобных бактерий. A–B – внутриклеточные подвижные формы; C – внеклеточная подвижная форма; D–E – внеклеточная форма в состоянии покоя (бделлопласты).

Как было указано выше, в доступных литературных источниках нет сообщений о подобных бактериях, паразитирующих у грибов *Candida*. Но, обсуждается значение подобных вакуолей, внутри которых мы обнаруживали паразитирующие бактерии, в вирулентности и устойчивости грибов. В частности, есть источники указывающие на значение этих вакуолей в стрессоустойчивости, поляризованном росте гифов грибов *Candida* [13, 14]. Взаимоотношения бактерий с грибами *Candida* является еще одним примером микробного паразитизма и требует дальнейшего изучения. Феномен лизиса грибов рода *Candida* бделловибрионо-подобными микроорганизмами дает перспективы для использования последних в лечении и профилактике заболеваний, вызванных *Candida*.

Список литературы

1. Мурадова С.А., Курбанов А.И. Паразитический симбиоз бделловибрионоподобных бактерий с Candida spp. Пробл. мед. микол. 2009; 11(2): 99.
2. Muradova SA, Kurbanov Aİ. Parasitic symbiosis of Bdellivibrio-like bacteria with Candida. The 3rd Eurasia congress of infectious diseases. October. 2009. 2009: 198.
3. Hespell RB. İntraperiplasmic growth of Bdellovibrio bacteriovorus on heat-treated Escherichia coli. J Bacteriol. 1978; 133(3): 1156-62.
4. Маркелова Н.Ю. Изучение взаимодействия Bdellovibrio bacteriovorus с бактериями Campylobacter jejuni и Helicobacter pylori. Микробиология. 2010; 79(6): 779-81.
5. Dashiff A, Junka RA, Libera M, Kadouri DE. Predation of human patogens by the predatory bacteria Micavibrio aeruginosavorus and Bdellovibrio bacteriovorus. J Appl Microbiol. 2011. 110(2): 431-44
6. Sockett ER, Lambert C. Bdellovibrio as therapeutic agents; a predatoru renaissance? Nature reviews. Microbiology. 2004: 669-75.
8. Bianciotto V, Genre A, Jargeat P et all. Vertical transmission of endobacteria in the arbuskular mycorrhizal fungus Gigaspora marqarita through generation of vegetative spores. Appl Environ Micribiol. 2004; 70: 3600-8.
9. Bianciotto V, Lumini E, Lanfranco L, Minerdi D, Bonfante P, Perotto S. Detection and identification of bacterial endosymbionts in arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the family Gigasporaceae. Appl Environ Microbiol. 2000; 66(10): 4503-9.
10. Margulis L, Fester R, Scannerini S, Bonfante P. Bacteria and bacteria-like objects in endomycorrhizal fungi. in Symbiosis as a source of evolutionary innovation: speciation and morphogenesis. Eds Margulis L, Fester R. (MIT Press, Cambridge, Mass). 1991: 273-87.
11. Bianciotto V, Bandi C, Minerdi D et all. An obligately endosymbiotic mucorrhizal fungus itself harbors obligately intrasellular bacteria. Appl Environ Microbiol. 1996; 62: 3005-10.
12. Bianciotto V, Genre A, Jargeat P et all. Vertical transmission of endobacteria in the arbuskular mycorrhizal fungus Gigaspora marqarita through generation of vegetative spores. Appl Environ Micribiol. 2004; 70: 3600-8.
13. Johnston DA, Eberle KE, Sturtevant JE, Palmer GE. Role for endosomal and vacuolar, GTPases in Candida albicans pathogenesis. Infect. Immun. 2009; 77(6): 2343-55.
14 Barelle CG, Richard LM, Gaillardin C et all. Candida albicans VAC8 is required for vacuolar inheritance and normal hyphal branching. Eukaryot Cell. 2006; 5(2): 359-67.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ *SCHIZOSACCHAROMYCES POMBE*

Наумов Г.И., Кондратьева В.И., Наумова Е.С.
ГНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов, Москва

Делящиеся дрожжи *Schizosaccharomyces pombe* на филогенетическом древе грибов занимают особое положение. Они, вероятно, представляют собой предковые формы современных аскомицетов. По многим характеристикам *Sch. pombe* более чем почкующиеся дрожжи сходны с мицелиальными грибами, растениями и животными и в связи с этим представляют лучшую модель для изучения клеток высших эукариот.

При гибридологическом изучении дрожжей *Sch. pombe* нами обнаружен феномен гибели аскоспор у многочисленных межштаммовых гибридов [1, 2]. Представленные генетические и молекулярные данные свидетельствуют, по крайней мере, о дивергенции геномов географическихпопуляций *Sch. pombe*. Обсуждается их статус на уровне разновидностей. Объектами изучения служили девять природных штаммов *Sch. pombe* различного географического происхождения в основном полученные из Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS), Утрехт, Голландия; генетические линии 972 h^- (CBS 7264) и 975 h^+ (CBS 7265) из лаборатории H. Heslot (INRA, Париж) и гомоталличный штамм *Sch. kambucha* nom. nud. SPK571, полученый от A.J.S. Klar (NCI, Frederick, USA). Полную информацию об использованных штаммах можно найти на сайте http:.www.cbs.knaw.nl в интернете. Типовой культурой *Sch. pombe* является штамм CBS 356 из коллекции Kral в Вене.

Комплементарные ауксотрофные мутанты штаммов были скрещены между собой и с мутантами типовой культуры *Sch. pombe* CBS 356. Все межштаммовые гибриды имели крайне низкую жизнеспособность аскоспор: 0–6%. У гибридов, полученных в контрольных внутриштаммовых скрещиваниях, споры прорастали с эффективностью 53–85%. Микроманипулятором мы изолировали у каждого гибрида около сотни спор. Жизнеспособные колонии смогли обнаружить только при анализе случайной выборки спор. Наблюдалось отклонение от дигенных расщеплений по контрольным маркерам. Тем не менее имелись все типы мейотических сегрегантов (таблица).

Таблица. Генетический анализ межштаммовых гибридов дрожжей *Sch. pombe*
(представлены 6 из 38 скрещиваний)

№№ гибридов	Происхождение гибридов, генотипы	Число изолированных спор	Жизнеспособность спор, %	Расщепление контрольных маркеров AB: aB: Ab: ab
1	972 h^- × 356 *ade5/met5*	100	2	145:20:108:17
2	5557×356 *ura7/ade3*	132	0	65:13:10:16
3	1043×356 *ade1/ura16*	100	0	198:36:13:77
4	5680 × 356 *ade1/ura16*	111	3	94:61:11:7
5	5682×356 *ade14/ura16*	92	0	76:105:17:8
6	571 × 356 *ade2/ura7*	100	3	65:100:23:13

Рекомбинация контрольных маркеров говорит о близком родстве изученных штаммов и о принадлежности всех этих дрожжей к одному биологическому виду *Sch. pombe*, в том числе и штамма SPK571. Подтверждением этому так же может служить 98%-ная идентичность нуклеотидных последовательностей молчащих копий *mat2* и *mat3* локуса типа спаривания дрожжей *Sch. pombe* и *Sch. kambucha* [3].

Проведенный кариотипический анализ представителей различных географических популяций *Sch. Pombe* показал, что размеры индивидуальных хромосомных полос существенно варьировали у разных штаммов. Практически каждый из изученных штаммов обладает специфичным хромосомным профилем. Изученные штаммы *Sch. pombe* имели различные ПЦР-профили при использовании всех четырех RAPD-праймеров.

Различия касались как размеров фрагментов амплифицированной ДНК, так и наличия или отсутствия отдельных мажорных и минорных полос. На

дендрограмме (рисунок) видно, что штаммы *Sch. pombe* сформировали отдельный кластер относительно тест-штамма *S. cerevisiae* S288c. Внутри этого кластера можно выделить две группы, каждая из которых, в свою очередь, включает по две подгруппы.

Отдельное положение на дереве занимает типовая культура CBS 356. Мы склонны рассматривать такой род (*Schizosaccharomyces* sensu stricto) в статусе зарождающегося политипного рода (polytypic genus in statu nascendi).

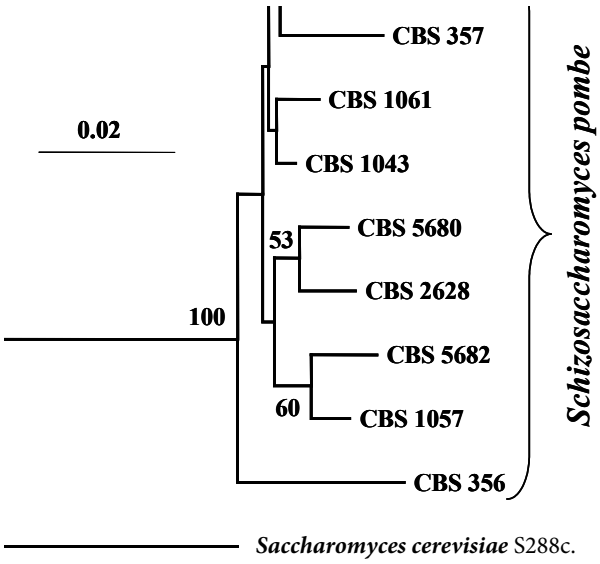


Рисунок. Дендрограмма родства штаммов *Schizosaccharomyces pombe*, основанная на матрице различий по ПЦР-профилям с RAPD праймерами OPA-01, OPA-04, OPA-09 и OPA-11. В качестве внешней группы использован штамм *Saccharomyces cerevisiae* S288c. Приводятся значения бутстрепа >50%.

В свое время было показано, что дрожжи *Sch. pombe* не скрещиваются с другими признанными видами рода [4]. Согласно разрабатываемой нами генетической концепции рода дрожжей-аскомицетов, виды одного рода обладают общей системой типов спаривания, позволяющей им скрещиваться в любой комбинации. Тем не менее генетические роды объединяют биологические виды, гибриды которых полностью стерильны.

Существование генетических родов и биологических видов показано нами ранее на примере дрожжей *Saccharomyces, Williopsis, Arthroascus, Galactomyces, Kluyveromyces* sensu stricto и *Metchnikowia* sensu stricto.

Очевидно, род, представленный только видом *Sch. pombe*, не является однозначно монотипным, так как состоит из частично генетически изолированных популяций. Стерильность межштаммовых гибридов и мейотическая рекомбинация у них контрольных маркеров указывает на то, что дивергентные популяции *Sch. pombe* являются зарождающимися видами (species in statu nascendi). Литературные [5] и наши данные о кариотипическом разнообразии дрожжей *Sch. pombe* различного географического происхождения хорошо согласуются с феноменом гибели спор в межштаммовых скрещиваниях. Известно, что крупные хромосомные перестройки, а именно такие обнаружены у *Sch. pombe* [5], приводят к стерильности гибридов.

В качестве разновидностей могут рассматриваться популяции дрожжей, гибриды которых характеризуются низкой выживаемостью спор (как правило, 0–20%), но имеют мейотическую рекомбинацию контрольных родительских маркеров. При таком подходе все 11 изученных нами штаммов *Sch. pombe* являются представителями различных таксономических разновидностей. Восемь штаммов уже имеют различные видовые названия. Целесообразно возобновление их в качестве названий разновидностей после выделения соответствующих дополнительных штаммов.

Список литературы

1. Кондратьева В.И., Наумов Г.И. Феномен гибели аскоспор (sporekilling) у гибридов Schizosaccharomyces pombe. Докл АН. 2001; 379(4): 570-3.
2. Кондратьева В.И., Наумов Г.И. Популяционный антагонизм у дрожжей Schizosaccharomyces pombe. Экол. генетика. 2011; 1: 21-6.
3. Singh G, Klar AJ. DNA sequence of the mat2,3 region of Schizosaccharomyces kambuchashares high homology with the corresponding sequence from Sz. pombe. Yeast. 2003; 20: 1273-8.
4. Johannsen E. Hybridization studies within the genus Schizosaccharomyces Lindner. Can J Microbiol. 1981; 27: 184-91.
5. Brown WRA, Liti G, Rosa C. et all. A geographically diverse collection of Schizosaccharomycespombe isolates shows limited phenotypic variation but extensive karyotypic diversity. G3: Genes, Genomes, Genetics (Bethesda). 2011; 1: 615-26.

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ШТАММОВ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ *CANDIDA MACEDONIENSIS* BDU-Mİ44 СИНТЕЗИРОВАТЬ НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА

Ianбаров Х.Г., Джафаров М.М., Гаджиева Ф.Т., Бозкурт Х.Дж.
Бакинский государственный университет, Азербайджан

В настоящее время, можно сказать, что во всех сферах деятельности человека применяются различные исследовательские методы, связанные с синтезом наночастиц. За последние 20 лет в основных развитых странах мира для синтеза наночастиц металлов применяется в основном физические и химические методы. Для получения наночастиц успешно используют такие методы, как ультрафиолетовое облучение, аэрозольные технологии, литография, лазерная абляция, методы фотохимического восстановления, ультразвуковые методы. Отрицательная сторона использования этих методов – высокая стоимость и использование опасных химических веществ и неполярных растворителей, что ограничивает их применение, например, в клинической области. Известны способы синтеза наночастиц золота, серебра, золото- серебряных сплавов, селена, теллура, платины, палладия, диоксида кремния, титана, циркония и т.д. с использованием биологических объектов: микроорганизмов, растительных экстрактов и ферментов. Преимущества микроорганизмов как потенциальных источников получения наночастиц заключаются в возможности управляемого наращивания их биомассы, а также получения нанокристаллов с заданными свойствами. Этот метод считается экологически безвредным по сравнению с физическими и химическими методами. Так как при синтезе наночастиц с использованием бактерий, дрожжевых и плесневых грибов не образуются побочные и токсические продукты, загрязняющие окружающую среду.

Цель исследований – изучение способности штамма дрожжевого гриба *Candida macedoniensis* BDU-Mİ 44 образовывать наночастицы серебра**.**

В качестве объекта исследований использовали дрожжевой гриб *C. macedoniensis* BDU-Mİ 44 из коллекции культуры кафедры Микробиологии ***Бакинского Государственного Университета***. Формирование наночастиц серебра оценивалось по изменению окраски реакционной смеси, по поглощению в UV области и электронно-микроскопическими исследованиями. Инкубирование $AgNO_3$ с биомассой дрожжевого гриба в течение 7 сут приводило к потемнению среды, что свидетельствовало о формировании наночастиц серебра. Анализ коллоидного раствора в УФ-области показало поглощение при 420 нм, что характено для наночастиц серебра.

Обследование коллоидного раствора в сканирующем электронном микроскопе показало, наличие специфических частиц, размер которых составлял 22 нм. Результаты рентген-фазового анализа показали принадлежность обнаруженных частиц к наночастицам серебра. Т. обр., установлено, что штамм дрожжей *C. macedoniensis* BDU-Mİ 44 обладает способностью синтезировать наночастицы серебра.

РОЛЬ TOR-КИНАЗНОГО КОМПЛЕКСА В РЕГУЛЯЦИИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ МЕТАБОЛИЗМА МЕТАНОЛА У ДРОЖЖЕЙ *PICHIA PASTORIS*

Румянцев А.М., Самбук Е.В.
Санкт-Петербургский государственный университет

Анализ дифференциальной экспрессии генов в ответ на недостаток азота, углерода и фосфора, а также генетические данные о механизмах регуляции соответствующих метаболических путей, позволили предложить модель ответа клетки на лимитирующий фактор. Согласно этой модели, сигнал о лимитирующем факторе получает доминирующая киназа соответствующего пути метаболизма, активность которой определяет уровень экспрессии соответствующих генов.

У дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ключевую роль в передаче сигнала об изменении источника азота в среде играют серин-треониновые протеинкиназы Tor (Target of Rapamycin). У большинства эукариотических организмов Tor-киназа кодируется одним геном, тогда как *S. cerevisiae* обладают двумя различными киназами – Tor1p и Tor2p [1]. Комплекс TORC1, куда помимо Tor1p, входят ещё пять различных белков, участвует в регуляции азотного метаболизма, пролиферации клетки, а также обеспечивает переход клетки в состояние покоя при неблагоприятных условиях. Комплекс TORC2 регулирует организацию актинового цитоскелета и полярность клетки и не участвует в регуляции метаболизма [2].

Tor-киназа является основной мишенью для антибиотика рапамицина. Обработка дрожжей рапамицином инициирует процессы, характерные для азотного голодания: блок трансляции, нарушение сборки актинового цитоскелета, накопление гликогена, споруляцию, а также остановку клеточного цикла на стадии G_1, деградацию белков и автофагию [3]. Помимо этого при обработке рапамицином, также как и при азотном голодании, в клетке изменяется экспрессия нескольких сотен генов, в том числе генов углеродного метаболизма [4].

Используемые в нашей работе метилотрофные дрожжи *Pichia pastoris* являются представителями уникальной группы микроорганизмов, способных использовать метанол в качестве источника углерода и энергии. Эти дрожжи широко известны как система синтеза рекомбинантных белков. К основными их преимуществам можно отнести простоту культивирования, дешевизну ростовой среды, хорошо адаптированные методики генетических манипуляций, возможности осуществления посттрансляционных модификаций белков (например гликозилирования). *P. pastoris* используются для производства самых разнообразных белков в больших объемах, начиная от столбнячного токсина и мышиного эпидермального фактора роста и заканчивая мембранными белками, включающими человеческие ABC транспортеры, аквапорины и тетраспанины.

Путь утилизации метанола сходен у всех видов метилотрофных дрожжей и начинается с окисления метанола до формальдегида с помощью фермента алкогольоксидазы [5]. Гены AOX1 и AOX2, кодирующие алкогольоксидазу, а так же гены других ферментов метаболизма метанола образуют Mut-регулон. Экспрессия этих генов строго зависит от источника углерода в среде и включает в себя механизм репрессии-дерепрессии в присутствии различных источников углерода и отдельный механизм индукции метанолом.

В репрессирующих условиях, при наличии глюкозы или глицерина в среде, активность гена *AOX1* практически отсутствует. В дерепрессирующих условиях – при углеродном голодании или при выращивании клеток на сорбитоле или маннитоле в качестве источников углерода 2 активность гена *AOX1* составляет лишь около 2% от наблюдаемой при индукции на среде с метанолом и практически в 1000 раз превышает его активность, наблюдаемую при репрессирующих условиях [6].

Эти факты свидетельствуют о том, что механизмы репрессии-дерепрессии источником углерода и индукции метанолом, вовлечённые в регуляцию гена *AOX1*, независимы друг от друга. Подобный способ регуляции сходен с регуляцией различных генов альтернативными источниками углерода у многих микроорганизмов [7]. Однако, несмотря на огромную практическую значимость, *P. pastoris* до сих пор не существует цельного представления о молекулярных механизмах регуляции генов метаболизма метанола у этих дрожжей.

В ходе предыдущих исследований была создана удобная тест-система на основе репортерного гена кислой фосфатазы PHO5 дрожжей *S. cerevisiae* под контролем промотора гена AOX1 – штамм tr2-1-GS115 [8]. С его помощью была изучена зависимость экспрессии гена AOX1 *P. pastoris* от различных факторов среды, а также проведена оптимизации условий культивирования метилотрофных дрожжей – продуцентов рекомбинантных белков. Показано, что экспрессия репортерного гена, контролируемого промотором AOX1, зависит от типа источника азота: самая высокая активность репортерной КФ выявлена на средах с сульфатом аммония и глутамином. Снижение активности кислой фосфатазы наблюдали при использовании глутамата, аспарагина и особенно пролина, бедного источника азота. С помощью метода ПЦР в режиме реального времени было изучено влияние источников азота на экспрессию других генов Mut-регулона, а также генов, кодирующих белки пероксисом. Показано, что уровни экспрессии генов, кодирующие основные ферменты пути утилизации метанола (*DAK, DAS, FLD, FGH)* и генов отвечающих за функционирование пероксисом (PEX5, PEX14, PEX8, PAS1) значительно выше при использовании сульфата аммония в качестве источника азота, чем при использовании пролина [9].

Целью исследования – изучение роли Tor-киназного комплекса в передаче сигнала о составе среды и координации экспрессии генов метаболизма метанола, а также генов биогенеза пероксисом у дрожжей *P. pastoris*.

Ингибиторы киназ могут предоставить важную информацию о регуляторных путях. Антибиотик рапамицин в комплексе с белком Fkbp связывается с Tor-киназой и блокирует ее активность [10]. Для определения действующих концентраций рапамицина клетки штамма *P. pastoris* GS115 высевали разведениями (от 10^6 до 10^3 кл/мл) на среду с разным количеством антибиотика. Ингибирование роста рапамицином наблюдали уже при концентрации 10 нМ, что соответствует значениям полученным ранее для *S. cerevisiae*. Именно эта концентрация была использована для определения влияния рапамицина на активность промотора гена *AOX1*.

Поскольку клетки *P. pastoris* при добавлении рапамицина не растут, культивирование проводили в две стадии. Сначала клетки тестерного штамма tr2-1-GS115 (*PAOX1-PHO5*) культивировали 48 часов на среде с глицерином для получения клеточной массы, затем осаждали и переносили в среды МФО с пролином и сульфатом аммония в качестве источников азота. Культивирование длилось 38 ч с добавлением метанола для индукции промотора *AOX1* и рапамицина в опытные пробы.

Такой способ культивирования широко используется в биотехнологии при синтезе токсичных для клеток белков [11]. При добавлении рапамицина уровни удельной активности КФ в средах с сульфатом аммония и пролином достоверно не различались.

Полученные данные свидетельствуют о том, что Tor-киназа вовлечена в регуляцию промотора гена AOX1 источниками азота в среде. Тот факт, что при добавлении рапамицина идёт увеличение активности промотора AOX1 в средах с пролином до уровня, демонстрируемого на средах с сульфатом аммония, свидетельствует о том, что в основе данной регуляции лежит механизм репрессии.

Список литературы

1. Cardenas ME, Cutler NS, Lorenz MC et all. The TOR signaling cascade regulates gene expression in response to nutrients. Genes Dev. 1999; 13(24): 3271-79.

2. Wullschleger S, Loewith R, OppligerW, Hall MN. Molecular organization of target of rapamycin complex 2. J Biol Chem. 2005; 280: 30697-704.
3. Hardwick JS, Kuruvilla FG, Tong JK et all. Rapamycin-modulated transcription defines the subset of nutrient-sensitive signaling pathways directly controlled by the Tor proteins. Proc Natl Acad Sci USA. 1999; 96: 14866-170.
4. Shamji AF, Kuruvilla FG, Schreiber SL. Partitioning the transcriptional program induced by rapamycin among the effectors of the Tor proteins. Curr Biol. 2000; 10: 1574-81.
5. Anthony C. The biochemistry of methylotrophs. Academic Press. 1982; 17: 254 p.
6. Tschopp JF, Brust PF, Cregg JM et all. Expression of the *lacZ* gene from two methanol-regulated promoters in *Pichia pastoris*. Nucl Acids Res. 1987; 15: 3859–76.
7. Schuller HJ. Transcriptional control of nonfermentative metabolism in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Curr Genet. 2003; 43: 139–60.
8. Савинов В.А., Румянцев А.Р., Самбук Е.В., Падкина М.В. Создание тест-системы для изучения генетического контроля регуляции гена алкогольоксидазы 1 дрожжей(4): 114–19.
9. Румянцев А.М., Падкина М.В., Самбук Е.В. Влияние источника азота на экспрессию генов, контролирующих первые этапы утилизации метанола у дрожжей Pichia pastoris. Генетика. 2013; 49(4): 454-60.
10. Loewith R, Hall MN. Target of rapamycin (TOR) in nutrient signaling and growth control. Genetics. 2013; 189: 1177–201.
11. Kim S, Warburton S, Boldogh I et all. Regulation of alcohol oxidase 1 (AOX1) promoter and peroxisome biogenesis in different fermentation processes in Pichia pastoris. J Biotechnol, 2013; 166: 174–81.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ШТАММА ДРОЖЖЕЙ – ПРОДУЦЕНТА ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И БЕТА-ГАЛАКТОЗИДАЗЫ, КАТАЛИЗИРУЮЩЕЙ СИНТЕЗ ГАЛАКТООЛИГОСАХАРИДОВ

Сапунова Л.И.[1], Костеневич А.А.[1], Яцевич К.К.[2], Бажанов Д.П.[2]

[1]Институт микробиологии НАНБ, Минск
[2]Институт генетики и цитологии НАНБ, Минск

Дрожжевые грибы рода *Cryptococcus* относятся к группе инкапсулированных базидиомицетов, которые, за исключением отдельных патогенных видов, являются сапрофитами. Представители этой группы микроорганизмов синтезируют различные биологические активные вещества, что делает их потенциальными агентами биотехнологического производства. Так, известна способность дрожжей рода *Cryptococcus* синтезировать полисахариды различного состава и свойств [1-4]. Сообщается также об их ***антимикробной*** [5, 6] и ферментативной ***активности***, включая целлюлазную [7], β-глюканазную [7], ксиланазную [8, 9], β-D-ксилозидазную [9], α-амилазную [10], протеазную [11, 12], полигалактуроназную [12], липазную [13], инулиназную [14], β-галактозидазную [15, 16].

Сведения о синтезе β-галактозидазы и внеклеточных полисахаридов криптококками касаются лишь отдельных штаммов *C. laurentii* [3, 4, 15]. В то же время, нет данных о продукции этой группой микроорганизмов одновременно полисахаридов и β-галактозидаз, катализирующих образование галактоолигосахаридов.

Выделенный нами из почвы штамм аспорогенных капсулированных дрожжей, предварительно определенный как *Cryptococcus* species и депонированный в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов под акронимом БИМ Y-228-Д (BIM Y-228-D), в условиях глубинного культивирования синтезирует β-галактозидазу гидролитического и трансгликозилирующего действия [16] и внеклеточные полисахариды [17].

Целью настоящей работы явилась идентификация *Cryptococcus* species БИМ Y-228-Д (BIM Y-228-D) – продуцента β-галактозидазы, олиго- и полисахаридов.

Молекулярно-генетическую идентификацию исследуемого штамма дрожжей проводили методом анализа нуклеотидных последовательностей генов 18S рРНК. Для этого их геномную ДНК выделяли с использованием набора Genomic DNA Purification Kit («Fermentas», Литва). Матрицу для секвенирования синтезировали ПЦР-методом, используя праймеры 536f (5’ CAGCMGCCGCGGTAATWC 3’) и rP2 (5’ ACGGCTACCT TGTTACGACTT 3’).

ПЦР проводили в термоциклере MJ Mini™ («BioRad», США). Реакцию инициировали при 95°С в течение 4 мин, затем следовало 30 циклов, состоящих из инкубаций: 94 °С – 30 с, 55 °С – 30 с, 72 °С – 2 мин. Элонгацию проводили при 72 °С в течение 7 мин. Продукты амплификации разделяли в агарозном геле, после чего фрагмент размером около 1,2 т. п. н. выделяли и очищали с использованием набора DNA Extraction Kit («Fermentas», Литва).

Секвенирование фрагмента гена 18S рРНК проводили на секвенаторе ABI PRISM 310 Genetic Analyzer («Applied Biosystems», США) с использованием набора BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit («Applied Biosystems», США). Полученные данные обрабаты-

вали в программе Sequencing Analysis Software v5.2 («Applied Biosystems», США).

Для поиска гомологичных нуклеотидных последовательностей генов 18S рРНК в базе данных GenBank использовали программу BLAST [18]. Филогенетический анализ проводили с помощью программы MEGA4 [19], используя алгоритм «объединения соседей».

Результаты и их обсуждение. Для уточнения таксономической принадлежности штамма БИМ Y-228-Д (BIM Y-228-D), ранее отнесенного к роду *Cryptococcus*, определена нуклеотидная последовательность гена 18S рРНК на протяженности 1133 п.о. Результат BLAST-поиска в упомянутой базе данных показал, что исследуемый ген действительно имеет наибольшую степень сходства с соответствующими генами грибов рода *Cryptococcus*.

При попарном сравнении нуклеотидных последовательностей генов 18S рРНК установлено их максимальное сходство (99,7%) между исследуемым и типовым штаммом *Cryptococcus flavescens* CBS 942^T (табл).

Филогенетический анализ, учитывающий степень сходства нуклеотидных последовательностей генов 18S рРНК, также показал наибольшую близость исследуемого гриба и типового штамма *Cryptococcus flavescens* CBS 942^T (рисунок). При этом значение бутстрапа находилось на высоком уровне (99) для всей сформированной ветви, что свидетельствует о статистической достоверности кластирования.

В скобках приведены номера доступа последовательностей в GenBank. Блок сравнения содержит 1120 нуклеотидов. Значения бутстрапа вычислены на основании анализа 1000 деревьев. Линейка соответствует 0,005 заменам на нуклеотидную позицию.

Таблица. Сходство нуклеотидных последовательностей генов 18S рРНК штамма *Cryptococcus* species БИМ Y-228-Д (BIM Y-228-D) и близкородственных грибов из базы данных GenBank/

Виды грибов	Код доступа в GenBank	Сходство нуклеотидных последовательностей генов 18S рРНК, %
Cryptococcus flavescens CBS 942^T	AB085796	99,7
Cryptococcus flavescens JCM 9909	AB085797	99,7
Cryptococcus aureus CBS 318^T	AB085795	99,0
Cryptococcus cellulolyticus JCM 9707^T	AB032624	98,5
Cryptococcus laurentii JCM 9066^T	AB032640	98,4
*Cryptococcus peneaus*CBS 2409^T	AB085799	96,6
Bullera unica JCM 8932^T	D78330	98,4
Bullera pseudoalba JCM 5290^T	D31660	98,1
Bullera oryzae JCM 5281^T	D31652	95,4
Bullera dendrophila JCM 5357^T	D31649	94,6
Kockovaella calophylli JCM 10842^T	AB042222	97,7
Trichosporon ovoides JCM 9940^T	AB001765	95,2

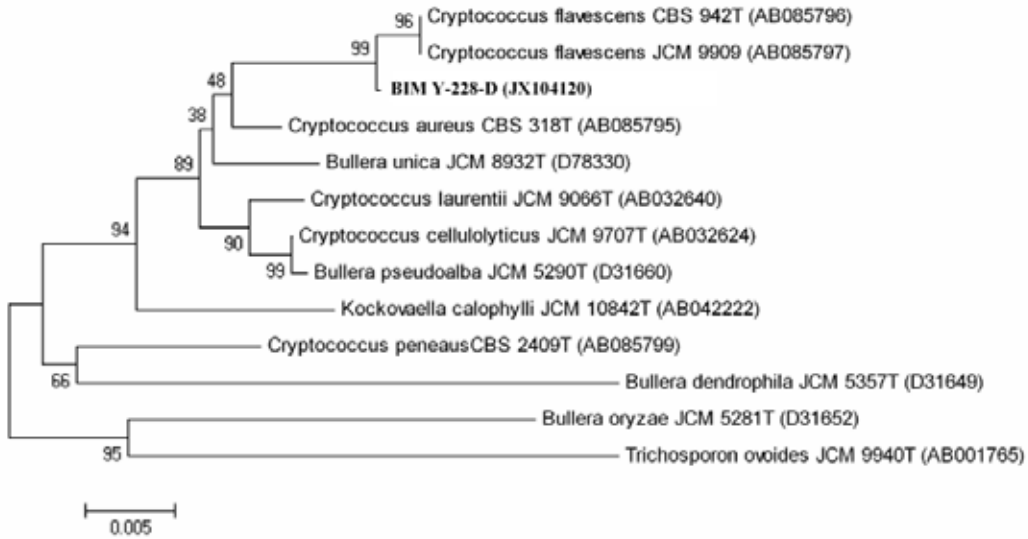


Рисунок. Филогенетическое древо, отражающее родство *Cryptococcus species* БИМ **Y-228-Д (BIM Y-228-D)** и близкородственных видов дрожжей

Таким образом, в результате проведенных исследований определена и депонирована в GenBank (код доступа JX104120) нуклеотидная последовательность (1133 п.о.) гена 18S рРНК штамма БИМ Y-228-Д (BIM Y-228-D). Исследуемый штамм дрожжей на основании результатов молекулярно-генетических и филогенетических исследований отнесен к виду Cryptococcus flavescens.

Штамм *Cryptococcus flavescens* БИМ Y-228-Д (BIM Y-228-D) не патогенен и не токсичен, что позволяет рассматривать его в качестве единственного известного среди представителей рода *Cryptococcus* продуцента одновременно ***бета***-галактозидазы, олиго- и полисахаридов.

Список литературы

1. Martens DA, Frankenberger WT. Saccharide composition of extracellular polymers produced by soil microorganisms. Soil Biol Biochem. 1991; 23: 731-6.
2. Ikeda R, Maeda T. Structural studies of the capsular polysaccharide of a non-neoformans Cryptococcus species identified as *C. laurentii*, which was reclassified as *Cryptococcus flavescens*, from a patient with AIDS. Carbohydr Res. 2004; 339: 503-9.
3. Breierová E, Hromádková Z, Stratilová E et all. Effect of salt stress on the production and properties of extracellular polysaccharides produced by *Cryptococcus laurentii*. Z. Naturforsch C. 2005; 60: 444-50.
4. Matulová M., Kolarova N., Capek P. An extracellular galactoglucoxylomannan protein from the yeast *Cryptococcus laurentii* var. *laurentii*. J Carbodydr Res. 2012; 21: 521-37.
5. Zhang S, Schisler DA, Boehm MJ, Slininger PJ. Utilization of chemical inducers of resistance and *Cryptococcus flavescens* OH 182.9 to reduce *Fusarium* head blight under greenhouse conditions. Biol Control. 2007; 42: 308-15.
6. Dunlap CA, Schisler DA. Fluidized-bed drying and storage stability of *Cryptococcus flavescens* OH 182.9, a biocontrol agent of *Fusarium* head blight. Biocontrol Sci. Technol. 01/2010; DOI: 10.1080/09583150903572377
7. Singhal A, Jaiswal PK, Jha PK et all. Assessment of *Cryptococcus albidus* for biopulping of eucalyptus. Prep Biochem Biotechnol. 2013; 43: 735-49.
8. de Andrade CCP, dos Santos TP, Rodrigues MI, Filho FM. Xylanase production by *Cryptococcus flavescens* and *Aureobasidium pullulans* using steam exploded bagasse. New Biotechnol. 2012; 29: S200.
9. Lara CA, Santos RO, Cadete RM et all. Identification and characterisation of xylanolytic yeasts isolated from decaying wood and sugarcane bagasse in Brazil. Ant Van Leeuwenhoek. 2014; 105: 1107-19.
10. De Mot R, Demeersman M, Verachtert H. Comparative study of starch degradation and amylase production by non-ascomycetous yeast species. Syst Appl Microbiol. 1984; 5: 421-32.
11. Rao S, Mizutani O, Hirano T et all. Purification and characterization of a novel aspartic protease from basidiomycetous yeast *Cryptococcus* sp. S-2. J Biosci Bioeng. 2011;112: 441-6.
12. Molnárová J, Vadkertiová R, Stratilová E. Extracellular enzymatic activities and physiological profiles of yeasts colonizing fruit trees. J Basic Microbiol. 2014; 54: S74-84.
13. Yalçın HT, Corbac C, Uçar FB. Molecular characterization and lipase profiling of the yeasts isolated from environments contaminated with petroleum. J Basic Microbiol. 2014; 54: S85-92.
14. Sheng J, Chi ZM, Li J et all. Inulinase production by the marine yeast Cryptococcus aureus G7a and inulin hydrolysis by the crude inulinase. Proc Biochem. 2007; 42: 805-11.
15. Ozawa O, Ohtsuka K, Uchida T, Usami S. 4'-Galactosyllactose production in jar fermentor by *Cryptococcus laurentii* OKN-4. J Ferment Bioeng. 1991; 72: 309-10.
16. Костеневич А.А., Сапунова Л.И., Черная А.Н., Черкасова Л.В. Гидролазная и трансгликозилазная активности бета-галактозидазы растущей культуры *Cryptococcus* species. Вестн. Уральской мед. акад. науки. 2011; 4/1(38): 36.
17. Сапунова Л.И., Костеневич А.А. Внеклеточные полисахариды дрожжевого гриба *Cryptococcus flavescens* – продуцента β-галактозидазы. Успехи мед. микологии. 2014; 12: 264-6.
18. http:.www.ncbi.nlm.nih.gov
19. Tamura K, Dudley J, Nei M, Kumar S. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. Mol. Biol. Evolut. 2007; 24: 1596-9.

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ *YARROWIA LIPOLYTICA* В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ РН

Секова В.Ю.[1], Терёшина В.М.[2], Дергачёва Д.И.[1], Исакова Е.П.[1], Дерябина Ю.И.[1]

[1]ФГБУН Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН,
[2]ФГБУН Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН,
[1,2]Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, г. Москва

Одним из широко распространенных и наиболее перспективных объектов биотехнологии в настоящее время являются полиэкстремофильные дрожжи *Yarrowia lipolytica*. Естественными условиями его обитания являются различные среды, загрязненные гидрофобными веществами: нефтяные скважины, почвы и водоемы вблизи нефте- и мясоперерабатывающих предприятий, маслобоен, а также жиросодержащие продукты питания продукция птицеводства и рыбной промышленности [1]. *Y. lipolytica* имеет ряд уникальных биологических свойств, в частности, они обладают широкой pH-амбивалентностью, что является ценным качеством для промышленной культуры [2]. Дрожжи вида *Y. lipolytica* утилизируют широкий спектр субстратов, включая токсичные, трудноусваиваемые для других микроорганизмов, отходы различных производств, значительно повышая его конкурентоспособность в микробиологических сообществах, снижая себестоимость конечных продуктов и делая этот вид уникальным для применения в многочисленных областях биотехнологии.

Исследованы ЖК-спектры клеток этого штамма *Y. lipolytica*, находящихся в условиях pH-стресса. (нужно указать, какие условия являются оптимальными, какие – экстремальными) Мы обнаружили, что основными ацилглицеринами (лучше сказать нейтральными липидами) клетки являются свободные жирные кислоты и триацилглицерины, общее содержание которых уменьшается (для СЖК – уменьшается, а для ТАГ – наоборот) в алкалофильных (для условий лучше щелочные и кислые, для организмов – ацидофильные и алкалофильные) условиях. В мембранных липидах доминировали стерины и фосфолипиды фосфатидилэтаноламины и фосфатидилхолины. Мы отмечали повышение доли фосфатидных кислот при алкалофильных и уменьшение фосфатидилэтаноламинов при ацидофильных условиях. Анализ состава ацильных цепей фосфолипидов показал общую закономерность – в условиях экстремальных pH увеличивалась степень ненасыщенности ЖК этих фосфолипидов в основном за счет возрастания доли линоленовой кислоты на фоне уменьшения содержания олеиновой. Среди немембранных липидов обращало на себя внимание стресс-индуцированное возрастание доли пальмитиновой кислоты, причем в случае ацидофильных условий, почти в 2 раза, а также линолевой и линоленовой кислот, что поддержало тенденцию, полученную при анализе мембранных липидов.

Проведенные исследования представляют большой интерес с позиции установления экспериментальных условий, благоприятствующих образованию в клетках *Y. lipolytica* композиции ненасыщенных жирных кислот, имитирующих состав пищевых масел.

Работа поддержана Министерством образования и науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (Соглашение №14.574.21.0031).

Список литературы

1. Fickers P, Benetti PH, Waché Y Hydrophobic substrate utilisation by the yeast Yarrowia lipolytica, and its potential applications. FEMS Yeast. 2005; 5(6-7): 527-43
2. Bankar AV, Kumar AR, Zinjarde SS. Removal of chromium (VI) ions from aqueous solution by adsorption onto two marine isolates of Yarrowia lipolytica. J Hazard Mater. 2009; 170(1): 487-94;
3. Fickers P, Le Dall MT, Gaillardin C et all. New disruption cassettes for rapid gene disruption and marker rescue in the yeast Yarrowia lipolytica. J Microbiol Methods. 2003; 55(3): 727–37

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПАТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ШТАММОВ *S. CEREVISIAE*

***Шеина* Н.И., Скрябина Э.Г., Мялина Л.И.**
РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, Москва

Одним из актуальных направлений биотехнологии является создание штаммов, продуцирующих биомодифицированный интерферон α2b человека, рекомбинантный белок – основу терапевтической вакцины против папилломавируса.

Уже с начала 70-х гг. генная инженерия является исключительно мощной и многообещающей технологией, но она связана с серьезными рисками. По данным национального института здравоохранения США микроорганизмы с трансплантированными ге-

нами могут нанести вред человеку и другим формам жизни. Вероятным источником опасности может быть то, что измененные клетки могут обладать большими конкурентными преимуществами и смогут занять определенную нишу в существующей экосистеме, а также будут опасными для здоровья и жизни человека [1,2].

Однако уже в 1975 г. на конференции в Асиломаре (США) ученые пришли к выводу, что эксперименты в области генной инженерии (новейшей биотехнологии) не более опасны, чем аналогичные работы в других отраслях, но при этом необходим строгий контроль за соблюдением мер безопасности. В связи этим во всем мире остро встает вопрос биобезопасности, создаются специальные организации, обеспечивающие всесторонний контроль за биопроизводством.

До начала XX века внедрение в биотехнологическое производство генетически модифицированных бактерий в России находилось под запретом. В 2001 г. правительство РФ утвердило положение «О государственной регистрации генно-инженерномодифицированных организмах», предназначенных для промышленного использования или импорта в РФ. Регистрацию ГМО и ведение госреестра было возложено на министерство промышленности, науки и технологий, в частности, на Экспертный совет по вопросам биобезопасности.

В дальнейшем правительством была разработана концепция федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации на 2009-2013гг. Целью программы является последовательное снижение до приемлемого уровня риска воздействия опасных химических и биологических факторов на население, биосферу, техносферу и экологические системы [3].

РГМУ им. Н.И. Пирогова в течение многих лет занимается исследованием патогенных свойств, опасности и характера вредного действия биотехнологических штаммов микроорганизмов (бактерий, микромицетов и актиномицетов), полученных путем селекции на основе химического мутагенеза. Наряду с этим за эти годы был накоплен определенный экспериментальный материал по изучению патогенных свойств генномодифицированных штаммов *E. coli* и *S. cerevisiae,* предлагаемых для использования в биотехнологиях в качестве продуцентов для синтеза лекарственных препаратов.

Методы исследования. Эксперименты выполнялись на белых беспородных мышах массой 20–25 г. экспериментальные и контрольные группы животных состояли из 8 животных, которые содержались в виварии университета в стандартных условиях.

Исследование патогенных свойств штаммов-продуцентов *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3928, *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3853 и *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3919 при однократном внутрибрюшинном введении больших доз микроорганизмов проводили по интегральным показателям, характеризующим взаимоотношения между макро- и микроорганизмом: вирулентность (DV_{50}), минимальная («пороговая», Lim_{bac}) доза штаммов в крови животных через 30 мин, характеризующая его инвазивность, способность к диссеминации штаммов в кровь и внутренние органы (почки, печень, селезенка) в течение 1 мес, токсичность экзо- и эндотоксинов [4].

Оценку вирулентности штаммов *S. cerevisiae* определяли по величине DV_{50} при однократном внутрибрюшинном введении суспензии двухсуточной культуры изучаемых штаммов *S. cerevisiae* в физиологическом растворе беспородным белым мышам в различных дозах. «Пороговую» дозу определяли как минимальную при высевании штаммов из крови хвостовой вены через 30 мин после введения.

На 3-и, 7-е, 10-е сутки после введения проводили высевание штаммов из крови и внутренних органов методом отпечатков на YPD агар. Токсичность штаммов изучали при внутрибрюшинном введении белым мышам прогретой (80 ^{0}C, 1 ч) и отмытой физиологическим раствором двухсуточной культуры в наибольшей дозе $5x10^{12}$ кл/жив. и ее разведениях. Токсигенность штаммов изучали при внутрибрюшном введении стерильных фильтратов двухсуточных бульонных культур в 3 разведениях: 0,5 мл каждого разведения вводили 3 мышам. Контрольным животным вводили стерильный питательный YPD бульон и физраствор.

Штамм *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3928 является производным штамма ВКПМ Y-3550. Клетки хозяина были трансформированы эписомным вектором p71-82, несущим экспрессионную кассету, заключающую ген биомодифицированного интерферона α2b человека. Штамм предполагается использовать для биосинтеза секретируемого во внеклеточную среду варианта рекомбинантного биомодифицированного интерферона α 2b человека.

Штамм *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3853 является производным реципиентного штамма *S. cerevisiae* ВКПМ D702. Получен в результате трансформации клеток реципиентного штамма D702 эксперессионным вектором pPDX3U-E7-HSP70, несущим структурный ген рекомбинантного белка E7-HSP70, составными частями которого являются последовательности онкобелка E7 вируса папилломы человека серотипа 11 и белка теплового шока HSP70 бактерий M*ycobacterium tuberculosis*, 16 С-концевых аминокислотных остатков которого замещены на искусственную последовательность, включающую 6 остатков гистидина. Предполагается использовать генноинженерно-модифицированный штамм для биосинтеза рекомбинантного белка E7-HSP70 – основы терапевтической вакцины против папилломавируса.

Штамм *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3919 является производным реципиентного штамма *S. cerevisiae* Y-3853. Получен в результате трансформации клеток реципиентного штамма D702 экспрессионным вектором pPDX3U-E7(6)-HSP70, несущим структурный ген рекомбинантного белка E7(6)-HSP70, составными частями которого являются последовательности онкобелка E7(6) вируса папилломы человека серотипа 6 и белка теплового шока HSP70 бактерий M*ycobacterium tuberculosis*, 16 С-концевых аминокислотных остатков которого замещены на искусственную последователь-

Таблица. Результаты изучения патогенных свойств 3 штаммов *S. cerevisiae.*

Название штамма *S. cerevisiae*	DV_{50} (максимально введенная доза), КОЕ/жив.	Пороговая доза Lim_{bac}, КОЕ/жив.	Высевание штамма из внутренних органов, сроки, дни, дозы, КОЕ/жив., органы
ВКПМ Y-3928	$>4\times10^{11}$	$4x10^{10}$	3-й день, $4x10^{11}$, $4x10^{10}$, печень, сердце
ВКПМ Y-3853	$>10^{12}$	10^{10}	3-й день, 10^{12},сердце, почки, селезенка 7-й день 10^{12}, сердце, селезенка
ВКПМ Y-3919	$>9\times10^{10}$	$9x10^{9}$	3-й день, не высевались

ность, включающую 6 остатков гистидина. Предполагается использовать генноинженерно-модифицированный штамм для биосинтеза рекомбинантного белка E7(6)-HSP70 – основы терапевтической вакцины против папилломавируса серотипа 6.

Полученные результаты представлены в таблице. В период наблюдения (1 месяц после введения различных доз микроорганизмов) гибели животных не наблюдалось. Средневирулентная доза для штаммов не была достигнута, а, следовательно, составляет более максимально введенной дозы (DV_{50} штаммов > $9x10^{10}$ – 10^{12} КОЕ/жив.). Lim_{bac} *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3928 составила $4x10^{10}$ КОЕ/жив., *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3853 – 10^{10} КОЕ/жив., *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3919 – $9x10^{9}$ КОЕ/жив. Высевание отдельных колоний всех штаммов наблюдалось лишь на 3-и сутки. На 7-й день единичные колонии высевались из сердца и селезенки при введении штамма ВКПМ Y-3853 в дозе 10^{12} кл/жив. вследствие высокой дозы и более длительного выведения из организма. Гибель животных при изучении токсичности в течение срока наблюдения не отмечена (DL_{50}> 5×10^{12} КОЕ/жив.). Гибель животных при исследовании токсигенности в течение срока наблюдения также не отмечена.

Таким образом, генномодифицированные штаммы *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3928, *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3853, *S. cerevisiae* ВКПМ Y-3919 являются невирулентными, нетоксичными, нетоксигенными, они не способны к диссеминации в крови и внутренних органах. В связи с этим они относятся к непатогенным штаммам для теплокровных животных и могут быть рекомендованы к использованию в биотехнологиях.

Список литературы

1. Ермишин А.П. Генетически модифицированные организмы: мифы и реальность. Минск. 2004: 51 с.
2. Ермишин А.П., Подлисских В.Е., Воронкова Е.В. и др. В сб. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика. под ред. А.П. Ермишина. Минск. 2005: 430 с.
3. ВП-П8-2322 Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г.
4. Пивоваров Ю.П., Мялина Л.И., Королик В.В. Критерии оценки патогенных свойств штаммов-продуцентов, предлагаемых для использования в промышленности микробиологического синтеза. Методические рекомендации. М. 1992: 20 с.

ГИБЕЛЬ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ АРЕСТЕ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА: РОЛЬ МИТОХОНДРИЙ

***Сорокин М.И., Зырина А.Н., Соколов С.С.*, Кнорре Д.А., Северин Ф.Ф.**
НИИ ФХБ им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

В настоящее время остается открытым вопрос о взаимной координации митохондрий и клеточного цикла у грибов. Больше всего известно про такую координацию у пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae.* С одной стороны, у них охарактеризована цикличность в активации окислительного фосфорилирования, которая коррелирует со сменой фаз клеточного цикла [1]. С другой стороны, мицелиально-дрожжевой диморфизм *Saccharomyces cerevisiae*, связанный с изменением длительности фазы G2 клеточного цикла и проявляющийся в образовании удлиненных клеток (псевдогиф) регулируется митохондриями [2]. Оказалось, что в данной регуляции принимают участие система специализированных Rtg белков, передающих информацию от нефункциональных митохондрий в ядро. Такая регуляция называется ретроградной сигнализацией.

В своей работе мы исследовали еще один аспект взаимосвязи между митохондриями и клеточным циклом пекарских дрожжей. Мы изучали роль митохондрий и ретроградной сигнализации при длительном аресте клеточного цикла *Sachharomyces cerevisiae* в различных фазах. Мы использовали штаммы дрожжей с термочувствительными мутациями в генах *cdc13, cdc26* и *cdc15*, приводящих к остановке клеточного цикла при температуре 37 °C в S-фазе (*cdc13)* или ми-

тозе (*cdc26* и *cdc15*). Длительный арест (8 часов и более) клеточного цикла в S и M фазах, но не в G1 фазе, приводил к гибели клеток дрожжей, что соответствует ранее опубликованным работам [3, 4].

Мы провели скрининг, направленный на поиск генов, повышенная экспрессия которых повышает выживаемость при аресте на разных стадиях клеточного цикла. Мы обнаружили, что сверхэкспрессия гена *ISA1* (отвечающего за биосинтез FeS кластеров в митохондриях) повышают выживаемость клеток дрожжей при аресте клеточного цикла в митозе. Мы предполагали, что скрининг выявит клеточные функции, лимитирующие выживание клеток в наших экспериментальных условиях. Обнаружение *ISA1* указывает на то, что лимитирующим звеном могут быть митохондрии, одной из функций которых является биосинтез FeS кластеров, жизненно важных для функционирования клетки дрожжей.

В то же время клетки, лишенные митохондриальной ДНК (*Rho0*) или обработанные разобщителем были более резистентными к длительному аресту в S фазе и митозе. Однако, если арест клеточного цикла в M-фазе (*cdc15-1*), проводили после предварительной инкубации в гидроксимочевине, позволяющей большей части клеток выйти из фазы G1, то защитный эффект *Rho0* мутации нивелировался. Эти данные свидетельствует о том, что дисфункция митохондрий увеличивает выживаемость клеток *S. cerevisiae,* исключительно благодаря удлинению продолжительности G1 фазы клеточного цикла.

На следующем этапе мы изучили влияние ретроградной сигнализации на клетки дрожжей в условиях длительного ареста в S-фазе или митозе. Делеция генов RTG2 и RTG3 приводила к повышению выживаемости клеток, арестованных в S фазе клеточного цикла. Более того, делеция гена MKS1 – ингибитора ретроградного пути, приводила к снижению выживаемости клеток. Это свидетельствует о том, что ретроградная сигнализация играет деструктивную роль при длительном аресте в S фазе. В чем может проявляться негативная роль ретроградной сигнализации в S-фазе? Ретроградная сигнализация подавляет экспрессию генов, отвечающих за окислительное фосфорилирование, и в то же время активирует менее эффективные с точки зрения энергетики цитоплазматические метаболические пути.

Мы предполагаем, что в случае длительного ареста в S-фазе, такое снижение в эффективности метаболизма имеет необратимые последствия для клетки. В совокупности наши данные показывают негативную регуляцию жизнеспособности клеток *S. cerevisiae* митохондриями при длительном аресте в S-фазе клеточного цикла.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-32177 мол_а.

Список литературы

1. Slavov N, Botstein D. Mol Biol Cell. Coupling among growth rate response, metabolic cycle, and cell division cycle in yeast. 2011; 22(12): 1997-2009.
2. Starovoytova AN, Sorokin MI, Sokolov SS, Severin FF, Knorre DA. Mitochondrial signaling in Saccharomyces cerevisiae pseudohyphae formation induced by butanol. FEMS Yeast Res. 2013; 13(4): 367-74.
3. Qi H, Chen Y, Fu X et all. TOR regulates cell death induced by telomere dysfunction in budding yeast. PLoS One. 2008; 3(10): e3520
4. Qi H, Li TK, Kuo D et all. Inactivation of Cdc13p triggers MEC1-dependent apoptotic signals in yeast. J Biol Chem. 2003; 278(17): 15136-41.

ФИТОГОРМОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ

Стрелецкий Р.А.
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

Известно, что почвенные дрожжи *Candida tropicalis*, обладающие фитогормональной активностью, положительно влияют на рост растений (Amprayn et all, 2012). В настоящее время есть некоторые данные о способности дрожжевых грибов продуцировать ауксин, который, как известно, стимулирует формирование корневой системы и способствует росту растительных клеток в длину (Nassar et all, 2005).

Учитывая тот факт, что филлосфера (Глушакова, Чернов 2007; Глушакова, Чернов 2010), ризосфера и ризоплана (El-Tarabily et all, 2005) являются типичными местообитаниями для различных видов дрожжей (где их численность может достигать 10^7 КОЕ/г), то неудивительно наличие фитогормональной активности у дрожжей. Кроме того, дрожжевые грибы способны развиваться в качестве эндофитов в запасающих тканях семян, где их численность в значительной степени возрастает непосредственно перед прорастанием семян (Исаева, Глушакова, 2009). Было установлено, что экскретируемый дрожжевыми клетками ауксин стимулирует развитие зародышевого корешка семян кукурузы (Исаева и др., 2010). Есть данные о высокой ауксиногенной активности (до 234,1 мкг/мл) дрожжей, выделенных из филлопланы в Таиланде (Limtong, Koowadjanakul, 2012).

В настоящей работе был проведен скрининг штаммов дрожжей, отобранных из различных субстратов, на присутствие ИУК в культуральной жидкости, а также исследована способность дрожжей производить зеатин (цитокинин) на примере 11 штаммов вида *Rhodotorula mucilaginosa*.

Объекты и методы. В качестве объекта исследования были отобраны 76 штаммов дрожжей, выделенные из филлосферы, корней, ризосферы, почвы, энтомофильных цветков, ила, воды и мха, относящихся к 21 виду. Для получения культуральной жидкости дрожжи выращивали в климатической камере при 18 °С в микробиологических матрасах Greiner200, на качалке, в течение 7 дней (Limtong, Koowadjanakul, 2012). Среду для культуральной жидкости приготовляли из расчёта 6.7 грамма азотной основы фирмы «Fluka» и 5 грамм глюкозы на один литр воды. После снятия с качалки культуральную жидкость переносили в пробирки, центрифугировали в течение 10 минут при 11500G, отбирали надосадочную жидкость и подкисляли её соляной кислотой до pH ~ 3.

Для определения ауксина проводили экстракцию культуральной жидкости этилацетатом в делительной воронке, который затем выпаривали на роторном испарителе до 1 мл, после чего переносили в измерительные виалы (Tien et all, 1979; Lu et all, 2010). Количественное определение ИУК проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1100 series с УФ-детектором. Колонка ВЭЖХ Диасфер 110-С18 5 мкм 4.0х250 мм. Длина волны детектирования – 222 нм. Скорость потока элюента – 0.75 мл/мин. Подвижная фаза – вода; ацетонитрил; 0.05 % трифторуксусная кислота (45:54:1% v/v). Объем вводимой пробы – 10 мкл.

Температура термостата колонок – 30 °С. Для проподготовки культуральной жидкости использовалась ТФЭ (Tarkowski et all., 2009). Подкисленную 1М муравьиной кислотой до pH 2,5 культуральную жидкость пропускали через катионит DOWEX, отбрасывая элюат, затем пропускали через катионит 5мл 0,35М NH_4OH. Этот элюат, содержащий зеатин, наносили на патрон Chromabond C-18, предварительно нейтрализовав муравьиной кислотой. После смывали зеатин 5 мл метанола, который отгоняли на роторном испарителе при 50 ^{0}С приблизительно до 0,2–0,3 мл, после чего переносили в измерительную виалу ацетонитрилом. Количественное определение проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1200 series с квадруполь-времяпролетным масс-спектрометрическим детектором (6520 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS Agilent Technologies).

Источник ионизации – электроспрей(+), напряжение на входном капилляре –4500 В, напряжение на ячейке соударения 15 В. Ион-прекурсор – m/z=220. Колонка ВЭЖХ RP-8 3,5 мкм 4,6х200 мм. Скорость потока элюента 1мл/мин. Подвижная фаза – уксусная кислота 0,02М; ацетонитрил (50: 50 об/об) Объем вводимой пробы – 25 мкл. Температура термостата колонок –30 °С.

Результаты и обсуждение. Установлено, что ИУК присутствует в культуральной жидкости почти всех исследованных нами дрожжевых грибов. При этом концентрация ауксина в культуральной жидкости существенно различалась у разных видов и штаммов. Установлено, что 55 из 65 исследованных штаммов способны к производству ауксина. Наиболее активно синтезировали 3-индолилуксусную кислоту виды: *Rhodotorula mucilaginosa* (2,03 мкг/мл) и *Cryptococcus terricola* (2,5 мкг/мл). *Rhodotorula mucilaginosa* является одним из наиболее типичных эпифитов, входящих в группу доминантов на различных растительных субстратах. Кроме того, он наиболее часто обнаруживаются в качестве эндофита в растительных тканях, причем не только в надземных, но и в подземных частях растений (Исаева и др., 2010). *Cryptococcus terricola* – вид, который чаще всего обнаруживается в почве и подстилке, и никогда не встречается в филлосфере. Этот вид дрожжей наиболее обилен на поверхности корней по сравнению с другими видами дрожжей (Чернов, 2013).

Необходимо отметить, что велики колебания ауксиногенной активности среди штаммов одного вида. Например, для *Rhodotorula mucilaginosa* от 0,05 до 2,03 мкг/мл (9 штаммов); для *Cryptococcus wieringae* от 0,11 до 1,20 мкг/мл (5 штаммов); для *Cryptococcus terricola* от 0,04 до 2,5 мкг/мл (6 штаммов). Способность синтезировать 3-индолилуксусную кислоту – признак, зависящий от свойств конкретного штамма. Штаммы, выделяющие ауксин, могут получить индивидуальное преимущество, стимулируя рост растения и влияя на почвенную микрофлору.

Также, экскретируя 3-индолилуксусную кислоту, дрожжи могут влиять на микробные сообщества. Создавая вокруг себя богатую ИУК среду, дрожжи дают преимущество бактериальным видам, способным утилизировать ИУК. Также, ИУК является слабой кислотой, которая может подкислять цитоплазму, тем самым ингибируя рост бактерий. Известно также, что ИУК в культуральной жидкости бактерий дает им повышенную устойчивость к таким факторам среды, как ультрафиолетовое излучение и солевой стресс (Duca et. al, 2013). Возможно, что такое влияние ИУК оказывает и на дрожжи. В среднем, наименьшую активность проявляют штаммы, выделенные из таких субстратов как ил, вода, мох. Только два исследованных нами вида не проявили ауксиногенной активности – *Saccharomyces cerevisiae* (3 штамма) и *Metschnikowia zobelii* (2 штамма).

Также выяснилось, что дрожжи способны к синтезу зеатина. 11 участвовавших в эксперименте штаммов *Rhodotorula mucilaginosa* были из разных географических зон (Московская область, Шпицберген, республика Коми, остров Бали) и были выделены из различных субстратов (почва, растения, мхи). Оказалось, что все 11 исследованных штаммов способны синтезировать зеатин. 9 штаммов продемонстрировали активность в пределах 400–700 нг зеатина на литр культуральной жидкости. Среди них были штаммы как из растительности, так и из почвы и мха. Два штамма синтезировали около 1400нг зеатина на литр культуральной жидкости. Один из них был выделен из растительности на Бали, а другой из растительности в Московской области. Все эти штаммы также могут синтезировать ИУК.

Заключение. Таким образом, в результате исследования удалось установить, что ауксиногенная активность – широко распространённое явление сре-

ди дрожжей разных экологических групп, имеющая штаммовую зависимость. Можно считать, что штаммы дрожжей, выделенные из почвы, подстилки и с цветковых растений – более активные производители ИУК, чем штаммы, выделенные из таких субстратов как мхи, ил, вода. Также установлено, что *Rh. mucilaginosa* синтезирует зеатин, причем как штаммы выделенные из растений, так и штаммы из почвы и мха.

Список литературы

1. Amprayn K, Rose MT, Kecskes M et all. Plant growth promoting characteristics of soil yeast (*Candida tropicalis HY*) and its effectiveness for promoting rice growth. Appl Soil Ecol. 2012; 61: 295-9.
2. Nassar AH, El Tarabily KA, Sivasithamparam K. Promotion of plant growth by an auxin producing isolate of the yeast *Lindnera saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L. roots). J Biol Fertility Soils. 2005; 42(2): 97-108.
3. Глушакова А.М., Чернов И.Ю. Сезонная динамика численности эпифитных дрожжей. Микробиология. 2007; 76(5): 668-74.
4. Глушакова А.М., Чернов И.Ю. Сезонная динамика структуры сообществ эпифитных дрожжей. Микробиология. 2010; 79(6): 832-42.
5. El-Tarabily KA, Sivasithamparam K. Potential of yeasts as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. Mycoscience. 2006; 47(1): 25-35.
6. Исаева О.В., Глушакова А.М., Юрков А.М., Чернов И.Ю. Дрожжи *Candida railenensis* в плодах дуба черешчатого (*Quercus robur L.*). Микробиология. 2009; 78(3): 399-403.
7. Исаева О.В., Глушакова А.М., Гарбуз С.А. и др. Эндофитные дрожжевые грибы в запасающих тканях растений. Изв. РАН. Сер. биол. 2010; 3: 34-43.
8. Limtong S, Koowadjanakul N. Yeasts from phylloplane and their capability to produce indole-3-acetic acid. World J Microbiol Biotechnol. 2012; 28: 3323-35.
9. Tien TM, Gaskins, MH, Hubbel DH. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). Appl Environ Microbiol. 1979; 37(5): 1016-24.
10. Tarkowski P, Ge L, Yong JWH et all. Analytical methods for cytokinins. Trends Anal Chem. 2009; 8(3): 323-35.
11. Чернов И.Ю., Глушакова А.М., Качалкин А.В. Аннотированный список видов дрожжей московского региона. Микол. фитопат. 2013; 47(2): 113-15.
12. Duca D, Lorv J, Patten CL et all. Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. Antonie Van Leeuwenhoek. 2014; 106(1): 85-125.

ПОТРЕБНОСТИ ДРОЖЖЕЙ ПРИРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ «ТИБЕТСКИЙ РИС» В ФАКТОРАХ РОСТА

Тихомирова О.М.

Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия

Среди ферментированных продуктов наиболее популярными являются традиционные кисломолочные продукты – кефир, кумыс, айран, курунга и многие другие. К числу подобных продуктов относится и напиток, получаемый с использованием так называемого «Тибетского риса» (ТР).

ТР представляет собой структурированную в виде зерен естественно возникшую многокомпонентную микробную ассоциацию, в состав которой входят молочнокислые бактерии нескольких видов, уксуснокислые бактерии, а также дрожжи. Выделенные из данной ассоциации дрожжи отнесены к двум разным видам: одни идентифицированы как *Saccharomyces cerevisiae*, другие существенно отличаются по физиолого-биохимическим особенностям и предварительно описаны как представители рода *Candida* [1].

Взаимоотношения микроорганизмов в ассоциациях весьма сложны и могут включать элементы как симбиоза, так и антагонизма. Изучение механизмов, лежащих в основе процессов жизнедеятельности и саморегуляции таких комплексных систем, необходимо для понимания причин их высокой биологической устойчивости и управления процессами, протекающими в них, для получения продуктов с новыми полезными характеристиками.

Молочнокислые бактерии и дрожжи, являющиеся основой заквасок при получении ферментированных продуктов, часто являются ауксотрофами по ряду факторов роста. В то же время среди них имеются и активные продуценты таких ростовых веществ, как, например, витамины группы В [2]. Для понимания особенностей межмикробных взаимодействий в ассоциациях молочнокислых бактерий и дрожжей требуется, в частности, четкое представление о зависимости конкретных штаммов-ассоциантов от наличия в среде культивирования определенных факторов роста.

Целью данной работы было изучение потребностей дрожжей, входящих в состав природной ассоциации ТР, в факторах роста (витаминах, аминокислотах, азотистых основаниях).

В качестве объектов исследования использовали штаммы *S. cerevisiae* и *Candida sp.*, выделенные из зерен ТР. Зависимость дрожжей от различных факторов роста определяли на жидкой глюкозо-солевой среде, в которую после автоклавирования (0,152 МПа, 30 мин) вносили смеси ростовых веществ в виде растворов,

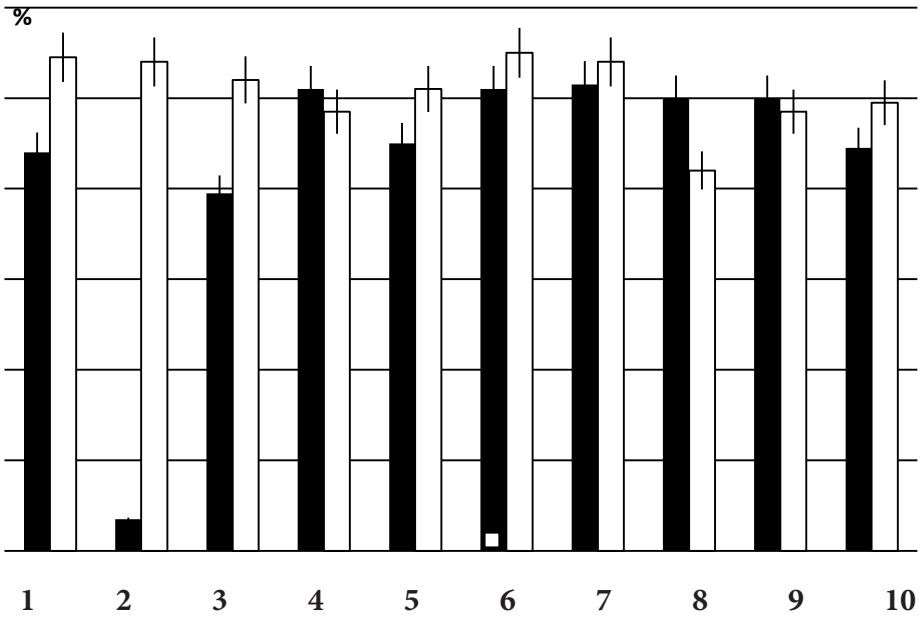


Рис. 1. Потребности в витаминах дрожжей ассоциации «Тибетский рис». Рост на средах без: 1 – аскорбиновой кислоты; 2 – биотина; 3 – никотинамида; 4 – фолиевой кислоты; 5 – инозита; 6 – пантотената; 7 – п-аминобензойной кислоты; 8 – пиридоксина; 9 – рибофлавина; 10 – тиамина. Контроль (100%) – рост на среде со всеми факторами роста. □ – *Candida* sp. ■ – *S. cerevisiae*.

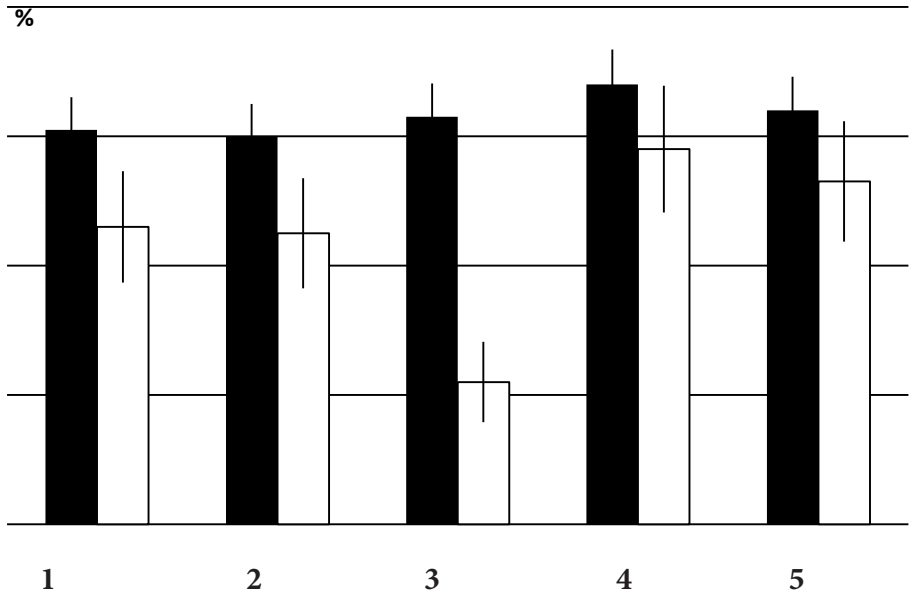


Рис. 2. Потребности в азотистых основаниях дрожжей ассоциации «Тибетский рис». Рост на средах без: 1 – гуанина; 2 – аденина; 3 – урацила; 4 – цитозина; 5 – тимина. Контроль (100%) – рост на среде со всеми факторами роста.
□ – *Candida* sp. ■ – *S. cerevisiae*

простерилизованных методом мембранной фильтрации (диаметр пор мембран – 0,22 мкм). Эти растворы содержали все факторы роста, кроме одного [3].

Изучали влияние на рост дрожжей отсутствия в среде следующих ростовых веществ: витаминов – биотина, пантотената кальция, фолиевой кислоты, инозита, никотинамида, парааминобензойной кислоты, пиридоксина гидрохлорида, рибофлавина, тиамина гидрохлорида, аскорбиновой кислоты; азотистых оснований – аденина, гуанина, урацила, цитозина, тимина; аминокислот – треонина, метионина, аргинина, цистеина, лейцина, изолейцина, лизина, тирозина, гистидина, триптофана, аспарагина, глутамина, серина, пролина, аланина, валина, фенилаланина. Культиви-

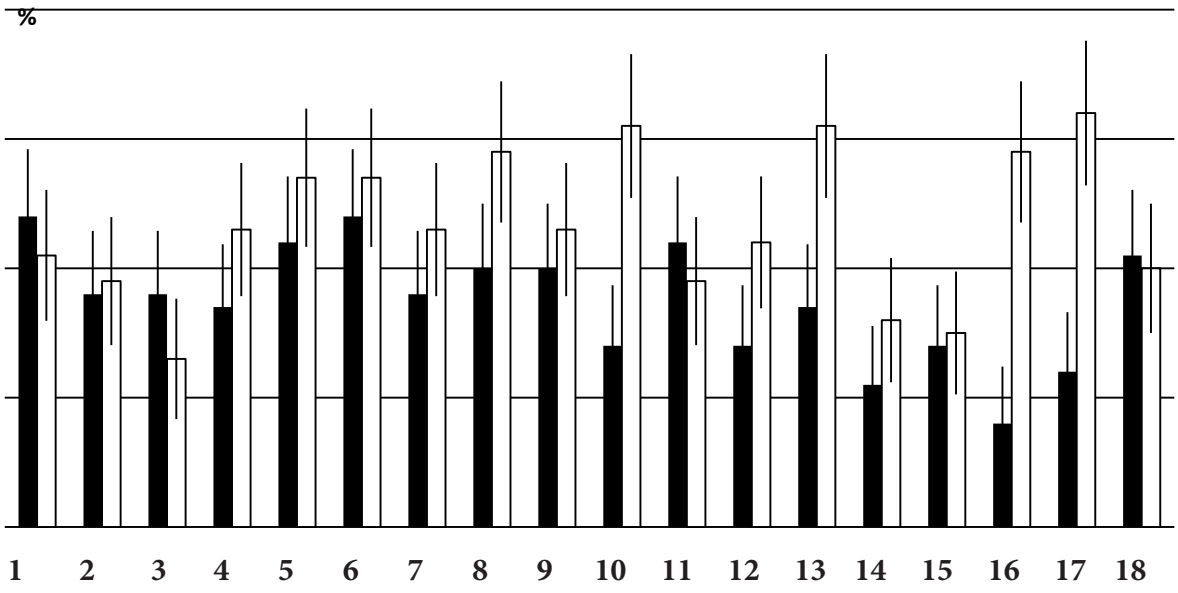


Рис. 3. Потребности в аминокислотах дрожжей ассоциации «Тибетский рис».
Рост на средах без: 1 – треонина; 2 – метионина; 3 – аргинина; 4 – лейцина; 5 – изолейцина; 6 – лизина; 7 – тирозина; 8 – гистидина; 9 – триптофана; 10 – аспарагина; 11 – глутамина; 12 – серина; 13 – пролина; 14 – глицина; 15 – аланина; 16 – валина; 17 – фенилаланина; 18 – цистеина. Контроль (100%) – рост на среде со всеми факторами роста.
□ – *Candida* sp. ■ – *S. cerevisiae*.

рование дрожжей проводили при 22,5±2,5 °С в течение 48 ч, после чего интенсивность роста определяли, измеряя оптическую плотность культуральной жидкости при 540 нм. Результат выражали в процентах к контролю, в качестве которого использовали культуральную жидкость, полученную при культивировании дрожжей в присутствии всех изучаемых факторов роста. Полученные результаты представлены на рис. 1–3.

Данные исследования указывают на то, что дрожжи ТР, отнесенные к роду *Candida*, в целом, являются прототрофами по витаминам, аминокислотам и азотистым основаниям, за исключением урацила, отсутствие которого в питательной среде существенно снижало интенсивность их роста по сравнению с контролем (рис. 2). Кроме того, отсутствие аргинина негативно влияло на рост данного штамма (рис. 3).

Дрожжи другого вида, выделенные из ТР и идентифицированные как *S. cerevisiae*, оказались ярко выраженными ауксотрофами по биотину. Также следует отметить достоверно меньшую интенсивность их роста в отсутствие никотинамида, валина, глицина, аланина, фенилаланина (рис. 2, 3).

Существенная зависимость дрожжей ТР от содержания в среде культивирования биотина и урацила свидетельствует о том, что среди ассоциантов должны быть другие микроорганизмы, которые выделяют в достаточных количествах эти соединения, поскольку содержание азотистых оснований и данного витамина в молоке, входящем в состав молочно-сахарной среды для культивирования зерен ТР в количестве 2% (по объему), крайне мало [4]. В частности, способность к синтезу биотина была описана для ряда штаммов молочнокислых бактерий родов *Leuconostoc*, *Lactobacillus* и *Pediococcus* [2]. Это указывает на необходимость дальнейшего более подробного изучения метаболических особенностей микробиоты ТР.

Список литературы

1. Ларина О.Г. Микробиология природной ассоциации «Тибетский рис». Дис. … канд. биол. наук. СПб., 2000: 180 с.
2. Tamang JP, Kailasapathy K (eds.). Fermented foods and beverages of the world. Boca Raton etc.: CRC Press; 2010: 434 p.
3. Madan M, Kamra N. Comparative organic growth factor requirements of nine Candida species. Acta Biotechnol. 1989; 9 (2): 143-48. doi: 10.1002/abio.370090212
4. Степанова Л.И. Справочник технолога молочного производства: Технология и рецептуры. В 3-х тт. Т. 1. Цельномолочные продукты. СПБ.: ГИОРД, 1999. 384 с.

ВЛИЯНИЕ СУПЕРПРОДУКЦИИ ПРОТЕИНДИСУЛЬФИДИЗОМЕРАЗЫ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ *PICHIA PASTORIS*

Цыганков М.А. Падкина М.В.
Санкт-Петербургский государственный университет

Протеиндисульфидизомераза (ПДИ) – белок массой 57 кДа, который находится в эндоплазматическом ретикулуме (ЭПР) эукариотических клеток [1, 2]. Он катализирует формирование, восстановление и изомеризацию дисульфидных связей в синтезируемых белках. Помимо каталитической функции, ПДИ выступает в качестве шаперона, ингибируя агрегацию неправильно свернутых белков и является частью по крайней мере двух мультиферментных комплексов.

Существуют данные о том, что сверхэкспрессия структурного гена ПДИ в дрожжах *Saccharomyces cerevisiae* увеличивает продукцию гетерологичных белков [3]. В дрожжах *Pichia pastoris* для некоторых белков показан как положительный эффект сверхэкспрессии, так и отсутствие какого-либо эффекта на продукцию гетерологичного белка. Вероятно, эффект коэкспрессии шаперонов сильно зависит от свойств целевого белка [4]. Есть данные о том, что даже сверхэкспрессия ПДИ из *S. cerevisiae* в *P. pastoris* оказывает положительное влияние на выход секретируемого белка [5].

Для оценки влияния сверхэкспрессии ПДИ на выход и активность гетерологичных белков в качестве модельных мы используем интерферон-альфа16 (*HuIFNα16*) человека и интерферон-гамма курицы (*ChkIFNγ*), различающихся по строению и наличию дисульфидных связей, а также репортерную систему на основе кислой фосфатазы дрожжей PHO5 [6].

В составе созданных нами векторов на основе pPIC9 и pPICZα (Invitrogen, USA) гены *HuIFNα16*, *ChkIFNγ*, *PpPDI* находятся под контролем промотора и терминатора гена алкогольоксидазы 1 дрожжей *P. pastoris* (AOX1), что позволяет регулировать экспрессию генов источником углерода. Присутствие в плазмиде pPIC9 сигнального пептида α-фактора дрожжей *S. cerevisiae* обеспечивает секрецию гетерологичного белка в культуральную жидкость. Вектор pPICZα-PpPDI сконструирован таким образом, что продукт гена PpPDI не секретируется в культуральную среду, а остается внутри клетки, направляемый собственной сигнальной последовательностью в ЭПР.

Нами получены дрожжи *P. pastoris* с дополнительной копией гена *PpPDI* – GS-AOX1-PpPDI. Также получены варианты штаммов дрожжей, содержащих под контролем промотора AOX1 как ген гетерологичного белка, так и ген исследуемого шаперона :

GS-AOX1(hIFNα-PDI), GS-AOX1(cIFNγ-PDI) и штаммы, где помимо гена *PpPDI* под промотором AOX1 встроен ген кислой фосфатазы PHO5 – GS-AOX1 (PHO5-PDI). В качестве исходного дрожжевого штамма *P. pastoris* использовали штамм GS115 (Invitrogen, USA).

Полученные штаммы *P. pastoris* со сверхэкспрессией ПДИ жизнеспособны, о чем свидетельствуют кривые роста как на полных средах так и на минимальных, где единственным источником углерода является метанол и происходит сверхэкспрессия ПДИ. Но, стоит отметить, что скорость роста на минимальных средах с метанолом меньше у штаммов со сверхэкспрессией шаперонов.

Помимо влияния сверхэкспрессии ПДИ на выход и активность гетерологичных белков мы планируем изучить роль и функции этого шаперона в метаболизме клетки *P.pastoris*. Полученный штамм GS-AOX1-PpPDI позволит ответить на вопрос - дает ли селективное преимущество штамму сверхэкспрессия данного шаперона при стрессовых воздействиях, таких как повышенные концентрации солей в среде, оксидативный стресс, повышенные концентрации метанола и повышенная температура культивирования.

Для более полной характеристики гена *PpPDI* нами создан вектор – плазмида pAmpPDI::Zeo, она позволит получить штаммы-дизруптанты по гену изучаемого шаперона. Нами будет охарактеризовано действие как сверхэкспрессии *PpPDI*, так и его отсутствие – является ли он жизненно необходимым для *P.pastoris* также, как, например, для клеток *S. cerevisiae* [7, 8].

Список литературы

1. Kersteen EA, Raines RT. Catalysis of protein folding by protein disulfide isomerase and small-molecule mimics. Antioxid Redox Signal. 2003; 5(4): 413.
2. Warsame A, Vad R, Kristensen T, Oyen TB. Characterization of a gene encoding a pichia pastoris protein disulfide isomerase. Biochem Biophys Res Commun. 2001; 281: 1176-82.
3. Shusta EV, Raines RT, Plückthun A, Wittrup KD. Increasing the secretory capacity of Saccharomyces cerevisiae for production of single-chain antibody fragments. Nat Biotechnol. 1998; 16(8): 773-7.
4. Gasser B, Markku Saloheimo, Ursula Rinas et al. Protein folding and conformational stress in microbial cells producing recombinant proteins: a host comparative overview. Microbial Cell Factories. 2008. 7:11.
5. Zhang W, Zhao HL, Xue C et all. Enhanced secretion of heterologous proteins in Pichia pastoris following overexpression of Saccharomyces cerevisiae chaperone proteins. Biotechnol Prog. 2006; 22(4): 1090-5.
6. Савинов В.А., Румянцев А.М.,Самбук Е.В., Падкина М.В. Создание тест-системы для изучения генетического контроля регуляции гена AOX1 дрожжей Pichia pastoris. Вестн. СПбГУ. 2009; 3(4): 114-9.
7. www.yeastgenome.org/locus/pdi1/overview.
8. Farquhar R, Honey N, Murant SJ et all. Protein disulfide isomerase is essential for viability in Saccharomyces cerevisiae. Gene. 1991; 108(1): 81-9.

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОБНЫХ БИОПЛЕНОК КЛИНИЧЕСКИМИ ШТАММАМИ ГРИБОВ РОДА *CANDIDA*

***Ульянов В.Ю.*[1], *Нечаева О.В.*[2], *Определенцева С.В.*[1], *Вакараева М.М.*[3]**
***Шаповал О.Г.*[2], *Тихомирова Е.И.*[3], *Заярский Д.А.*[3]**
[1]*Саратовский НИИ травматологии и ортопедии МЗ РФ*
[2]*Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ*
[3]*Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина*

Заболевания, вызываемые грибами *Candida*, в основном носят эндогенный характер и возникают чаще всего в иммунокомпроментированном организме [1]. Как и большинство возбудителей инфекционных заболеваний, грибы рода *Candida* способны образовывать биопленки на клетках макроорганизма и на инертных поверхностях изделий медицинского назначения [2, 3, 4, 5]. Интенсивность пленкообразования связана с адгезивными свойствами микробных клеток, которые в наибольшей степени выражены у клинических штаммов микроорганизмов.

Кандидозные биопленки являются источником рецидивирующей инфекции, а также становятся причиной возникновения резистентности микроскопических грибов к антимикотическим препаратам [6, 7, 8, 9, 10]. Однако данные об особенностях формирования биопленок грибами рода *Candida* крайне ограничены. В связи с актуальностью данной проблемы целью нашего исследования явилось изучение динамики образования биопленок клиническими штаммами грибов рода *Candida* в условиях in vitro.

Материалы и методы. В исследованиях динамики формирования микробных биопленок использовали клинические штаммы микроскопических грибов *Candida albicans* АТСС 885-653, полученные из музея ФКУЗ РосНИПЧИ «Микроб» (г. Саратов).

Для количественного учета интенсивности пленкообразования проводили моделирование процесса в ячейках плоскодонных стерильных культуральных полистирольных 96-луночных планшетов. Для этого из суточных культур исследуемых микроорганизмов готовили взвесь в физиологическом растворе с оптической плотностью 0,5 по МакФарланду (Densi-La-Meter, Lachema, Чехия). Предварительно в лунки планшетов вносили по 200 мкл мясо-пептонного бульона (МПБ) и добавляли по 200 мкл взвеси *C. albicans* в конечной концентрации 10^5 КОЕ/мл. Посевы инкубировали при температуре 37 ^{0}С в течение 24, 48 и 72 ч.

Планктонные формы клеток удаляли путем аспирации, после чего лунки планшета аккуратно промывали и добавляли 1%-ный водный раствор красителя кристаллического фиолетового. Через 10 мин экспозиции при комнатной температуре раствор красителя удаляли, а лунки осторожно троекратно промывали водой. Образование биопленок штаммами *C. albicans* оценивали по величине связывания ими кристаллического фиолетового согласно стандартной методике [11]. Краситель, связавшийся с биопленками, растворяли в 200 мкл ацетон-этаноловой смеси (20:80) и определяли оптическую плотность на спектрофотометре Epoch (BioTek, США) при длине волны 420 нм. Для построения калибровочной кривой готовили контрольные образцы (0,9%-ный раствор натрия хлорида и кристаллического фиолетового).

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли экспресс-методом с вычислением средней арифметической (*M*), среднеквадратической ошибки средней арифметической (*m*), коэффициента для расчета стандартной ошибки (*I*), коэффициента для расчета доверительных интервалов средних арифметических величин с уровнем достоверности 95% (*r*=0,05), доверительных границ (*C*), доверительных интервалов среднего арифметического (*L*) и интеграла вероятности (T) и показателя вероятности (*p*) [12].

Результаты и обсуждение. При культивировании биопленок клинических штаммов *C.albicans* в лунках

Таблица. Динамика величин связывания кристаллического фиолетового микробными биопленками, образованными клиническими штаммами *C. albicans* (*n*=12)

Условия культивирования	Величины связывания кристаллического фиолетового микробными биопленками, Ед		
	24 часа	48 часов	72 часа
Контроль	0,038±0,001	0,038±0,001	0,038±0,001
МПБ	0,629±0,058 (p_1<0,01)	0,905±0,089 (p_2<0,01)	1,460±0,126 (p_3<0,01)

Примечание: в каждом случае приведены средняя арифметическая (M), среднеквадратическая ошибка средней арифметической (*m*), p_1 – по сравнению с контрольными значениями, p_2 – по сравнению с 1-ми сутками, p_3 – по сравнению с 2-ми сутками, p_4 – по сравнению с 3-ми сутками, *n* – количество наблюдений.

планшета, содержащих МПБ, через 24 ч отмечалось увеличение связывания кристаллического фиолетового в 16,55 раза по сравнению с контрольными значениями (p_1<0,01) (табл.).

Через 48 ч культивирования происходило достоверное увеличение связывания красителя кандидозной биопленкой по сравнению с предыдущими сутками в 1,44 раза (p_2 < 0,01). Через 72 ч моделирования микробных биопленок клиническим штаммами микроскопических грибов наблюдалось дальнейшее увеличение связывание красителя в 1,61 раза по сравнению со вторыми сутками культивирования (p_3<0,01).

Полученные результаты позволили установить, что наибольшая скорость формирования биопленок клиническими штаммами *C. albicans* была зафиксирована в первые 24 ч моделирования. Вероятно, это время совпадает со стадией созревания биопленки, для которой характерны высокий уровень клеточного метаболизма и формирование метаболической кооперации клеток.

Начальным этапом образования биопленок микробными клетками на поверхности субстрата является неспецифическая адгезия, которая, вероятно, осуществляется за счет способности гликопротеиновых фибрилл клеточной стенки микроскопических грибов к гидрофобным взаимодействиям [11].

Резкое снижение интенсивности накопления красителя через 48 и 72 ч культивирования, возможно, связано с накоплением токсических продуктов метаболизма, а также нехваткой питательных веществ для развития клеток микроскопических грибов. Однако незначительное нарастание количества микробных клеток, вероятно, происходит за счет использования в качестве питательного субстрата компонентов погибших клеток микроскопических грибов [13].

Таким образом, полученные результаты позволяют определять в пределах каждого жизненного цикла сроки созревания биопленок, образованных клиническими штаммами микроскопических грибов *C. albicans*, что способствует эффективной и рациональной терапии антимикотическими препаратами кандидозов различной локализации.

Список литературы

1. Cannon RD, Holmes AR, Mason AB, Monk BC. Oral candida: clearance, colonization, or candidiasis? J Dent Res. 1995; 74(5): 1152-61.
2. Segal E, Gottlieb S, Altboum Z, Goy V, Berdicevsky J. Adhesion of Candida albicans to epithlial cells – effect of nikkomycin. Mycoses. 1997; 40: 33-9.
3. Chaffin WZ, Lopez-Ribot JZ, Casanova M, Gozalbo D, Martinez JP. Cell wall and secreted proteins of Candida albicans: identification, function and expression. Microbiol Mol Biol Rev. 1998; 62: 130-80.
4. Van Weissenbruch R, Bouckaert S, Remon JP et all. Chemoprophylaxis of fungal deterioration of the Provox in post-laryngectomy patients. Ann Oto Rhinol Laryngol. 1997; 106: 329-37.
5. Busscher YS, Geertsema-Doornbusch GG., van der Mei H.C. Adhesion to silicone rubber of yeast and bacteria isolated from voice prostheses: influence of salivary conditioning films. J Biomed Mat Res. 1997; 34: 201-9.
6. Анкирская А.С., Муравьёва В.В., Фурсова С.А. и др. Мониторинг видового состава и чувствительности к антимикотикам дрожжеподобных грибов, выделенных из влагалища женщин репродуктивного возраста. Клин. Микробиол. Антимикроб. Химиотер. 2006; 8(1): 87-95.
7. Капустина О.А., Карташова О.Л., Потехина Л.П. и др. Биопленкообразование Candida sp., выделенных из разных биотопов тела человека. Пробл. мед. микол. 2011; 13(2): 81-82.
8. Mukherjee P, Zhou G, Munyon R et all. Candida biofilm: a well-designed protected environment. Med Mycol. 2005; 43(3): 191-208.
9. Mukherjee P, Chandra J. Candida biofilm resistance. Drug Resist Updat. 2004; 7(4-5): 301-9.
10. Nett J, Andes D. Candida albicans biofilm development, modeling a host-pathogen interaction. Curr Opin Microbiol. 2006; 9(4): 340-45.
11. Тец В.В., Кнорринг Г.Ю., Заславская Н.В. и др. Влияние экзогенных протеолитических ферментов на бактерии. Антиб. химиотер. 2004; 2: 133-6.
12. Стрелков Р.Б. Экспресс-метод статистической обработки экспериментальных и клинических данных: Учеб.-метод. Пос. для студентов, аспирантов и клинических ординаторов. Втор. Моск. Гос. мед. ин-т. им. Н.И. Пирогова. М. 1986. 22 с.
13. Ульянов В.Ю., Щуковский В.В., Норкин И.А. и др. Биологическая кинетика пленкообразования клинических штаммов *Candida albicans*, выделенных у пациентов с бронхолегочными осложнениями при травматической болезни спинного мозга. Вест. РУДН. Сер. Мед. 2014; 4: 28-33.

Для заметок

Национальная академия микологии
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ В РОССИИ

Current Mycology in Russia

Том 4
Выпуск 2.

Биоразнообразие и экология грибов

Глава 4.
Коллекции грибов

Глава 5.
Биоразнообразие грибов России и Евразии

Глава 6.
Экология грибов. Экстремофилы

Volume 4
Issue 2.

Fungal biodiversity and ecology

Chapter 4.
Fungal collections
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.04
Chapter 5.
Biodiversity of fungi in Russia and Eurasia
DOI: 10.14427/cmr.2015.v.05
Chapter 6.
Fungal ecology. Mycota of the extreme habitats
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.06

Содержание выпуска 2

Глава 4. Коллекции грибов

БАЗИДИАЛЬНЫЕ МАКРОМИЦЕТЫ БОТАНИЧЕСКОГО САДА МГУ
Антонова Л.Д. 100

КОЛЛЕКЦИЯ КУЛЬТУР ШЛЯПОЧНЫХ ГРИБОВ (IBK)
Бисько Н.А., Ломберг М.Л., Михайлова О.Б., Митропольская Н.Ю. 101

БАЗА ДАННЫХ УНИКАЛЬНОГО НАУЧНОГО ОБЪЕКТА – КОЛЛЕКЦИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ УЗБЕКИСТАНА
Глухова Л.А., Хасанов Б.А. 103

БЕЛОРУССКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ НЕПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ: ПОДДЕРЖАНИЕ ФОНДА МИЦЕЛИАЛЬНЫХ И ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ
Кантерова А.В., Новик Г.И. 104

ДОПОЛНЕНИЕ К ПЕРЕЧНЮ МУЧНИСТОРОСЯНЫХ ГРИБОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Храмцов А.К. 106

МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ГРИБОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ
Курочкин С.А., Медведев А.Г. 109

ГРИБЫ ВО ВТОРОМ ИЗДАНИИ КРАСНОЙ КНИГИ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
Лазарева О.Л. 111

ГРИБЫ РОДА *PHYLLOSTICTA* PERS. В МИКОЛОГИЧЕСКОМ ГЕРБАРИИ (VOR) КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И МИКОЛОГИИ ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Мелькумов Г.М. 113

МИКОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ГЕРБАРИЯ ИНСТИТУТА БОТАНИКИ И ФИТОИНТРОДУКЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Нам Г.А., Есенгулова Б.Ж., Рахимова Е.В., Джетигенова У.К., Асылбек А.М., Жахан Н., Джунусканова Б.Е., Такиева Ж.М. 115

ГРИБЫ В НОВОМ ИЗДАНИИ КРАСНОЙ КНИГИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Русанов В.А., Ребриев Ю.А. 117

МИКОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ В ГЕРБАРИИ ИБПС ДВО РАН (MAG)
Сазанова Н.А. 119

О КРИТЕРИЯХ ОТБОРА ВИДОВ ГРИБОВ ДЛЯ КРАСНОЙ КНИГИ РОССИИ
Светашева Т.Ю. 121

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ «ГЕРБАРИЙ ЛИШАЙНИКОВ ИЭБ НАН Б»
Яцына А.П. 123

ХРАНЕНИЕ УРЕДОСПОР P*UCCINIA TRITICINA* ERIKS. В УСЛОВИЯХ КРИОКОНСЕРВАЦИИ
Жемчужина Н.С., Жемчужина А.И., Киселева М.И., Дубовой В.П. 125

Глава 5. Биоразнообразие грибов России и Евразии

СТРУКТУРА БИОТЫ АГАРИКОВЫХ ГРИБОВ И ГАСТЕРОМИЦЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОСТЕПНЫХ СООБЩЕСТВ МИНУСИНСКИХ КОТЛОВИН (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ, КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)
Заузолкова Н.А., Горбунова И.А. 127

БИОТА КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КУМЕРТАУ (БАШКИРИЯ)
Чердинцев А.А. 128

ЭНДОФИТНЫЕ ГРИБЫ *CLEMATIS TANGUTIKA* KORSH.
Жебрак И.С., Бахар Ю.А., Ерема И.А. 130

НОВЫЕ НАХОДКИ РЕДКИХ МАКРОМИЦЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ
Ивойлов А.В. 130

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОТЫ МИКСОМИЦЕТОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИРОДНЫХ ЗОН УКРАИНЫ
Дудка И.А., Анищенко И.Н. 132

ПЕРВЫЕ ГИДРОМИКОЛОГИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОМУ ЗАПОВЕДНИКУ
Воронин Л.В. 134

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБОВ РОДА *BEAUVERIA* РОССИИ И КАЗАХСТАНА
Леднев Г.Р. Токарев Ю.С., Успанов А.М., Казарцев И.А., Малыш Ю.М. Смагулова Ш.Б.
Левченко М.В., Сагитов А.О. 136

РОД *BOTRYOBASIDIUM DONK* В РОССИИ
Бондарцева М.А. 138

РАЗНООБРАЗИЕ ДОМИНИРУЮЩИХ РОДОВ МИКРОМИЦЕТОВ
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА САМАРА
Овчинникова Т.А. 139

МИКРОМИЦЕТЫ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРНЫХ СИСТЕМ СНЕЖНАЯ И МЧИШТА
Мазина С.Е., Горяева О.В., Концевова А.А., Тальберг П.И. 141

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ГРИБОВ В ДОННЫХ МОРСКИХ ГРУНТАХ
С ПОМОЩЬЮ МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЧУКОТСКОГО МОРЯ)
Бубнова Е.Н., Коновалова О.П. 141

ПЕРВАЯ НАХОДКА *HYPOCREOPSIS LICHENOIDES* (ASCOMYCOTA) В СИБИРИ
Капитонов В.И. 143

СОСТОЯНИЕ ДВУХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *PHALLUS IMPUDICUS* L.
В НОКУЗНЕЦКОМ РАЙОНЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Филиппова А.В., Ковригина Л.Н., Тарасова И. В., Романова Н.Г. 144

АГАРИКОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ ПРОИОНЕЖСКОГО РАЙОНА, РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ
Предтеченская О.О. 145

ВЫЯВЛЕНИЕ КСИЛОТРОФНЫХ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ НА ОСНОВЕ
МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПРИРОДНЫХ
МЕСТООБИТАНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Волобуев С.В. 147

ГРИБЫ-БИОТРОФЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ
Хачева С.И. 149

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ АФИЛЛОФОРОВЫХ ГРИБОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ
Коткова В.М. 151

АФИЛЛОФОРОИДНЫЕ ГРИБЫ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
(ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)
Михалева Л.Г. 153

РЕДКИЙ ВИД КРЫМСКОЙ МИКОБИОТЫ
PLEUROTUS NEBRODENSIS (INZENGA) QUÉL. (AGARICALES, PLEUROTACEAE)
Саркина И.С., Савчук В.В. 155

АГАРИКОИДНЫЕ И ГАСТЕРОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ ЦСБС СО РАН,
РЕДКИЕ ВИДЫ, ИХ ОХРАНА
Горбунова И.А. 156

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОМИЦЕТОВ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ АРМЕНИИ
Нанагюлян С.Г., Оганесян Е.Х., Маркарян Л.В. 157

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАКРОМИЦЕТАХ НУРАТИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА
Мустафаев И.М. 159

РОЛЬ ПОЛОВОЙ РЕКОМБИНАЦИИ В ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ
PYRENOPHORA TERES F. TERES НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ И БЕЛАРУСИ
Мироненко Н.В., Анисимова А.В., Баранова О.А., Зубкович А.А., Афанасенко О.С. 161

МИКРОМИЦЕТЫ ПЕЩЕРЫ ШУЛЬГАН-ТАШ
Галимзянова Н.Ф., Кузьмина Л.Ю., Рябова А.С., Мелентьев А.И. 163

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГАСТЕРОМИЦЕТОВ РОДА LYCOPERDON В РОССИИ
Ребриев Ю.А. 165

ВИДЫ РОДА *HYMENOSCYPHUS GRAY* НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ
Богачева А.В. 167

Глава 6. Экология грибов. Экстремофилы

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОМИКОБИОТЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ г. БАКУ
Алиев И.А., Джабраилзаде С.М., Ибрагимов Э.А. 169

САПРОФИТНЫЕ И УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫЕ ДРОЖЖИ В АЭРОЗОЛЯХ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Андреева И.С., Сафатов А.С., Соловьянова Н.А., Морозова В.В., Тикунова Н.В.,
Бабкин И.В., Буряк Г.А., Селиванова М.А. 170

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ В НАСАЖДЕНИЯХ БУЛЬВАРНОГО КОЛЬЦА Г. МОСКВЫ
Белов Д.А. 173

ДИСКОМИЦЕТЫ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ДУБНЯКОВ
Богачева А.В. 175

АЛКАЛОТОЛЕРАНТНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ В КИСЛЫХ И ОКОЛОНЕЙТРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ
Бондаренко С.А., Биланенко Е.Н., Георгиева М.Л. 177

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ (ПОВЫШЕННЫЕ ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ), УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ ПРИСУТСТВИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ В ПОЧВАХ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ
Данилогорская А.А., Марфенина О.Е. 179

МИКРОМИЦЕТЫ КАК КОМПОНЕНТ ПРИРОДНЫХ БИОПЛЕНОК *NOSTOC COMMUNE*
Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Зыкова Ю.Н., Горностаева Е.А. 181

МИКРОМИЦЕТЫ В ПОЧВАХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
Головина Т.А. 182

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГРИБОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ В СПЕЦИЯХ И ПРЯНЫХ ТРАВАХ
Овсепян В.В.,Григорян К.М., Саргсян М.П. 183

ДРЕВЕСНЫЕ ОСТАТКИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ МИКОБИОТЫ СОВРЕМЕННЫХ И СРЕДНЕВЕКОВЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ
Иванова А.Е., Гофман А.В. 183

БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАДИОНУКЛИДОВ АГАРИКОМИЦЕТАМИ
Иванов А.И. 185

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОСТИ ГРИБОВ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАКАЗНИКА МШИНСКОЕ БОЛОТО
Иванов Д.М., Ефремова М.А., Родичева Т.В. 187

АССИМИЛЯЦИОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ЭВРИБИОНТНОГО ВИДА *RHODOTORULA MUCILAGINOSA* КАК ОТРАЖЕНИЕ МАКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИХ РЕГИОНОВ ВЫДЕЛЕНИЯ
Качалкин А.В., Венжик А.С. 189

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ HYPOGYMNIA PHYSODES В ФОНОВОМ РАЙОНЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА
Катаева М. Н. 190

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ PHAEOLEPIOTA AUREA В БИОЦЕНОЗАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ
Кириллов Д.В. 191

КОМПЛЕКСЫ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА (ЗФИ).
Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Баранцевич Е.П., Крыленков В. 193

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ГРИБОВ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ
Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е, Озерская С.М. 194

ГРИБНЫЕ СПОРЫ В ПРИЗЕМНЫХ СЛОЯХ ВОЗДУХА (СЕЗОННАЯ И СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА, РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ, ВЛИЯНИЕ МЕТЕОФАКТОРОВ) НА ПРИМЕРЕ ЮЗАО Г. МОСКВЫ
Колосова Е. Д., Марфенина О.Е. 196

ВЛИЯНИЕ СТВОЛОВОЙ ГНИЛИ НА СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH.) В ЛЕСАХ ЗАУРАЛЬЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
Колтунов Е.В., Яковлева М.И. 198

МИКОФЕНОЛОВАЯ КИСЛОТА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ
Кононенко Г.П., Буркин А.А. 201

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МИКОБИОТЫ ПОДЛЕДНОЙ МОРСКОЙ ВОДЫ БЕЛОГО МОРЯ МЕТОДОМ МЕТАГЕНОМНОГО АНАЛИЗА
Коновалова О.П., Белевич Т.А., Логачева М.Д., Милютина И.А., Горюнов Д.В. 203

МИКОБИОТА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЯ ЗАКРЫТОГО БАССЕЙНА С ДЕЛЬФИНАМИ АФАЛИНАМИ (*TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS* BARABASCH-NIKIFOROV, 1940)
Копытина Н.И., Андреева Н.А. 205

БИОДИНАМИКА ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПРИДОРОЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ
Корецкая И.И., Свистова И.Д. 207

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В ВОЗДУХЕ И ПОЧВЕ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
Корнейкова М.В. 209

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МИКОБИОТЫ ПРИ ДЕМУТАЦИОННОЙ СУКЦЕССИИ ТУНДРОВОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ
Ковалева В.А., Хабибуллина Ф.М., Панюков А.Н. 213

БИОСИНТЕЗ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ ГРИБАМИ РОДА *PENICILLIUM*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ
Козловский А.Г., Желифонова В.П., Антипова Т.В. 215

ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ МАКРОМИЦЕТОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕТЕЙ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)
Крапивина Е.А. 216

АФИЛЛОФОРОИДНАЯ МИКОБИОТА ДУБРАВ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Курагина Н.С. 218

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ БИОТЫ КСИЛОТРОФНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ В ПРЕДГОРНЫХ ЛЕСАХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Кушалиева Дж. 219

ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОМИЦЕТОВ ЦЕЛИННОГО И ПАРУЮЩЕГО ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
Кувшинова Н.М., Потапова О.П., Свистова И.Д. 220

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ
Левитин М.М. 223

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ *BACILLUS MEGATERIUM* И *TRICHODERMA* SP.
Лисина Т.О. 225

АРЕАЛ И ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ РОДА FUSARIUM В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕЙ И ЮЖНОЙ СИБИРИ
Литовка Ю.А. 227

ЭКОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ *SARCODONTIA CROCEA* (SCHWEIN.) KOTL. В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Маленкова А.С. 229

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРИБОВ-ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛЕСОВ ВЫСОКОЙ ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К FSC-СЕРТИФИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)
Медведев А.Г., Курочкин С.А. 230

ВЛИЯНИЕ СВИНЦОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ТИПОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ГРИБОВ РОДА *ALTERNARIA*
Мосина Л.В., Довлетярова Э.А. 232

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКТОМИКОРИЗ СВЕТЛОХВОЙНЫХ ВИДОВ ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ
Мухаметова Г.М., Зайцев Г.А. 234

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ ОТДЕЛА РЕДКИХ РУКОПИСЕЙ БИБЛИОТЕКИ КАЗАНСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Надеева Г.В., Яковлева Г.Ю. 237

МАКРОМИЦЕТЫ БОЛОТ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «МАРИЙ ЧОДРА»
Нагуманов Ш.З. 238

МИКОБИОТА ВОЗДУХА ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИВА КИНЕМАТОГРАФИИ АРМЕНИИ
Нанагюлян С.Г., Элоян И.М., Шахазизян И.В., Оганесян Е.Х. 239

СТРУКТУРА БИОМАССЫ ГРИБОВ В ПОЧВАХ ВОСТОЧНОЙ (СТ.«ПРОГРЕСС», «МОЛОДЁЖНАЯ») И ЗАПАДНОЙ (СТ. «РУССКАЯ») АНТАРКТИДЫ
Никитин Д.А., Марфенина О.Е. 241

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИЕ ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ СМЕСЕЙ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ
Николаева В.В., Иванова А.Е. 243

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В РАЗВИТИИ МИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ
Осипян Л.Л. 245

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОДА НА МИКОБИОТУ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА САМАРА
Овчинникова Т.А., Кленова Н.А. 246

ЭПИФИТОТИИ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД – ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА МАССОВОГО УСЫХАНИЯ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА
Павлов И.Н., Евдокимова Л.С., Перцовая А.А. 248

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
Пивченко Д.В., Кляйн О.И., Куликова Н.А., Ландесман Е.О., Королева О.В. 250

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА БАЗИДИОМИЦЕТАМИ РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП В ПАРКАХ г. КИРОВА
Попыванов Д.В., Широких А.А. 253

ВЫДЕЛЕНИЕ В ЧИСТУЮ КУЛЬТУРУ НОВЫХ ШТАММОВ БАЗИДИОМИЦЕТА *DAEDALEOPSIS TRICOLOR* ИЗ ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
Проценко М.А., Костина Н.Е. 255

АССИМИЛЯЦИЯ ИСТОЧНИКОВ АЗОТА КОЛЛЕКЦИОННЫМИ ШТАММАМИ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВЫ ЮЖНОГО ЧЕРНОЗЕМА
Рукавицина И.В., Чуркина Г.Н. 256

ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИЕ ГРИБЫ РОСТОВА-НА-ДОНУ
Русанов В.А., Булгаков Т.С., Гребенникова Д.В. 258

РЕДКИЕ ВИДЫ ДРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ
Сафонова Т.И. 260

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЛОДОВЫХ ТЕЛАХ РЯДА ДРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ
Сафонов М.А., Укубаева Д. Г., Остапенко А.В. 262

ВЛИЯНИЕ АРБУСКУЛЯРНЫХ МИКОРИЗНЫХ ГРИБОВ И РИЗОБАКТЕРИЙ НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД
Сафронова Г.В., Алещенкова З.М., Короленок Н.В., Падутов В.Е, Острикова М.Я., Константинов А.В. 264

О НЕОБХОДИМОСТИ ОХРАНЫ *PIPTOPORUS QUERCINUS* (SCHRAD.) P. Karst.
Сарычева Л.А. 267

МИКОБИОТА ДУБРАВ МОСКОВСКИХ ПАРКОВ И ЛЕСОПАРКОВ
Селочник Н.Н. 269

АНТАГОНИЗМ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ К САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫМ МИКРООРГАНИЗМАМ
Семёнова С.А., Потехина Р.М., Галиуллин А.Н. 271

ПОИСК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭНДОФИТОВ ПУСТЫННЫХ РАСТЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА
Шеримбетов С.Г., Шеримбетов А.Г., Глухова Л.А., Мухамедов Р.С. 275

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРНЕВОЙ ГУБКИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕРЕБРЯНОБОРСКОГО ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА
Шишкина А.А., Шишкина А.А., Колганихина Г.Б. 275

Для заметок

Глава 4.
Коллекции грибов

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.04

БАЗИДИАЛЬНЫЕ МАКРОМИЦЕТЫ БОТАНИЧЕСКОГО САДА МГУ

Антонова Л.Д.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Работа является результатом двух лет исследования территории Ботанического сада (БС) МГУ и представляет собой первый шаг на пути к выявлению биоразнообразия и пространственной организации базидиальных макромицетов БС МГУ. В ходе работы был выявлен видовой состав базидиальных макромицетов территории, насколько это возможно за 2 года исследований, определены ведущие порядки и семейства, проанализирован эколого-трофический статус найденных видов. Отдельное внимание уделено эколого-трофическому статусу организмов в контексте произрастания их в БС.

Изучение грибов в БС имеет значение, так как большинство из них тесно связаны с растениями и оказывают на них существенное влияние: различные виды являются микоризообразователями, ксилопаразитами или разлагают мертвую древесину, ускоряя таким образом процесс минерализации органических веществ.

Подобного рода исследования на территории как БС МГУ, так и большинства Ботанических садов России и стран Европы до этого практически не проводились. Из территорий, сходных по климату с Москвой, с данной точки зрения в литературе описывается только Санкт-Петербург [1, 2] Еще 2002 г. М. Зечевичем было проведено исследование биоты афиллофороидных и гетеробазидиальных грибов Юго-запада Москвы на примере некоторых парков и лесных массивов [3]. Среди прочих был исследован лесной массив Воробьевых гор и территория МГУ, в том числе непосредственно примыкающая к БС МГУ.

Сборы образцов производились в период с 5 мая 2013 по 15 ноября 2014 г. в БС МГУ, в основном, весной и осенью. Всего было сделано 18 результативных выходов. Выходы были приурочены к погодным условиям: в дождливую погоду весной и осенью сборы проводились чаще, летом в засушливую погоду реже.

При сборе образцов использовался маршрутный метод. При этом были обследованы биотопы всей территории Ботанического сада: участки с посадками растений из различных регионов России (как возделываемые, так и давно находящиеся без присмотра в силу нехватки рабочих рук), газоны, посадки декоративных растений, альпинарий, регулярно обрабатываемые и удобряемые участки (цветочные клумбы, посадки плодовых культур), отвалы строительного и древесного мусора, сильно увлажненные места рядом с водоемами. Плодовый сад, питомник и участок систематики растений обследовались только в 2014 г.

Участки с основной массой древесных насаждений – Алтайско-Сибирский сектор, Дальневосточный сектор, сектор растений западных районов Сев. Америки и секторы горных, хвойных, смешанных лесов Европы – объединяются в Дендрарий. Преобладающие породы здесь – виды *Picea, Pinus, Betula, Alnus, Populus, Salix,* реже – *Thuja, Larix, Juniperus*. Эта часть БС праки испытывает очень слабую рекреационную нагрузку.

За время исследований на территории БС МГУ было найдено 134 вида базидиальных макромицетов. Из них 72 вида были встречены за первый год и 87 видов – за второй. Только 25 видов были обнаружены в оба сезона наблюдений. По строению плодовых тел выявленные виды относятся к агарикоидной (76 видов), к гастероидной (15 видов) и афиллофороидной (40 видов) и гетеробазидиальной (3 вида) морфологическим группам. С таксономической точки зрения найденные виды относятся к 10 порядкам. По видовому богатству с большим отрывом лидируют порядки Agaricales (62% видов) и Polyporales (19% видов). На представителей порядков Auriculariales, Geastrales, Phallales, Gomphales, Russulales, Boletales, Hymenochaetales, Tremellales и на виды с неопределенным систематическим положением приходится по 1–5% (данные приводятся в соответствии с базами MycoBank и Indexfungorum на февраль 2015 г.).

Наибольшее видовое богатство характерно для семейств Polyporaceae, Mycenaceae, Agaricaceae – по 9% – и семейств Psathyrellaceae и Strophariaceae – по 8%. Чуть меньше видов относится к семейству Tricholomataceae – 7% – и к семействам Physalacriaceae и Fomitopsidaceae – пор 5%. На остальные 23 выявленные семейства и роды с неясным систематическим положением приходится по 1–5% видов. Самые широкопредставленные роды – *Mycena* (10 видов), *Psathyrella* (6 видов) и *Inocybe* (4 вида).

По эколого-трофической стратегии выявленные виды относятся к сапротрофам, биотрофным ксилопаразитам и микоризообразователям. Также есть целый ряд видов с двойственной экологической стратегией. По числу видов лидируют гумусовые и подстилочные сапроторфы (это, например, *Geastrum striatum* DC., *Marasmius oreades* (Bolton) Fr., *Mycena aetites* (Fr.) Quél) – 42% и ксилосапротрофы (Marasmiellus ramealis (Bull.) Singer, Exidia repanda Fr.) – 39%. Микоризообразующие виды (*Inocybe splendens* R. Heim, *Tricholoma virgatum* (Fr.) P. Kumm) составляют 5% от общего биоразнообразия.

Видов, которые в зависимости от условий являются ксилосапротрофами или биотрофными ксилопаразитами (*Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm, *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar) выявлено 4%. Виды, являющиеся в зависимости от условий гумусовыми сапротрофами или ксилосапротрофами (*Mycena abramsii* (Murrill) Murrill, *Mycena galericulata* (Scop.) Gray, *Psathyrella candolleana* (Fr.) Maire), также составляют 4%. Таких видов выявлено 5.

Биотрофных ксилопаразитов (*Climacodon septentrionalis (*Fr.) P. Karst., *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Phellinus igniarius* (L.) Quél, *Phellinus rimosus* (Berk.) Pilát) обнаружено 4 вида, что составляет 3% от общего числа видов макромицетов БС МГУ. Виды, для которых в зависимости от условий показана экологическая стратегия сапрофитизма на подстилке или гумусе или образования эктомикоризы (*Paxillus involutus* (Batsch) Fr., *Rhodocollybia butyracea* (Bull.) Lennox, *Scleroderma bovista* Fr., и *Scleroderma* sp.) также составляют 3% от общего числа видов. Также был единожды встречен *Strobilurus tenacellus* (Pers.) Singer, который является сапротрофом на шишках.

Больше половины видов – 53% – произрастают в зоне, не демонстрирующей флору определенного региона. Как правило, это места, подвергающиеся сильному антропогенному воздействию: деревья и почва вдоль активно используемых дорожек, свежевскопанные грядки, кострища, насыпи щепы лиственных пород под деревьями, кучи обрезанных веток. Из этих 53% видов 12,5% произрастают в буферной зоне – на 5–7-метровой полосе невозделываемой почвы с мелколиственными деревьями, которая помимо забора отделяет БС от Университетского проспекта. 22% видов макромицетов были встречены одновременно в нескольких биотопах БС.

В Дендрарии встречено 33% видов макромицетов.

На территории БС МГУ наибольшее количество видов базидиальных макромицетов выявлено на участках, не демонстрирующих флору определенного региона, не приуроченных к конкретному биотопу и подверженных сильному антропогенному воздействию. Заносных видов, не характерных для микобиоты Москвы и Московской области, обнаружено не было [4, 5].

Список литературы

1. Морозова О.В., Коваленко А. Е., Ребриев Ю.А., Малышева Е.Ф. Агарикоидные и гастероидные грибы парка Ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова. Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук): Труды международной научной конференции. Отв. ред. Д. В. Гельтман. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014:142-9.
2. Бондарцева М.А., Коткова В.М., Змитрович И.В., Волобуев С.В. Афиллофороидные и гетеробазидиальные грибы Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (СПб). Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН): Тр. межд. научн. конф. Отв. ред. Д.В. Гельтман. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014: 23-30.
3. Зечевич М. Видовой состав и особенности распространения ксилотрофных афиллофороидных и гетеробазидиоидных базидиомицетов на Юго-западе г. Москвы. Дипл. работа. Биол. фак., кафедра Микологии и альгологии. МГУ. М. 2002. (www.MycoBank.com www.Indexfungorum.com)
4. Воронина Е.Ю., Прохоров В.П., Дьяков М.Ю. и др. Руководство по полевым экскурсиям VI Всерос. микол. школы-конференции с межд.участием «Мицелиальный образ жизни и эколого-трофические группы грибов». М.: Макспресс: 2012.
5. Горленко М.В., Сидорова И.И., Сидорова Г.И. Макромицеты Звенигородской биологической станции МГУ. М.: Изд. МГУ: 1989.

КОЛЛЕКЦИЯ КУЛЬТУР ШЛЯПОЧНЫХ ГРИБОВ (IBK)

Бисько Н.А., Ломберг М.Л., Михайлова О.Б., Митропольская Н.Ю.
Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАНУ, Киев

Шляпочные грибы – ценные пищевые продукты, а также важный источник получения природных фармакологических веществ иммуномодулирующего, онкостатического, тонизирующего, противовирусного действия, диетических продуктов, ферментов, антибиотиков, пигментов, антиоксидантов, полисахаридов и др. В последние годы значительное внимание в мире уделяется проблеме сохранения микобиоты шляпочных грибов ex situ. Определяющую роль в таком подходе играют коллекции культур, где хранится генофонд макромицетов в чистой культуре [1].

Коллекция культур шляпочных грибов Института ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины (IBK) была основана в 1966 г. для проведения исследований по глубинному культивированию съедобных макромицетов [2]. В настоящее время в Коллекции поддерживается более 1100 штаммов 191 вида, относящихся к 89 родам грибов отделов Basidiomycota и Ascomycota [3]. В Коллекции хранятся дикариотические штаммы базидиальных и сумчатых макромицетов, представляющих прежде всего многообразие микобиоты Украины. В отличие от других коллекций макромицетов, в Коллекции IBK сохраняется большое штаммовое разнообразие таких широко культивируемых в мире видов съедобных грибов как *Agaricus bisporus* (40), *Flammulina velutipes* (30), *Lentinus edodes* (65), *Pleurotus ostreatus* (132) и др. [3]. На сегодняшний день Коллекция IBK является официальной специализированной

коллекцией культур макромицетов в Украине и одной из крупнейших по количеству сохраняемых видов и штаммов в Европе. Согласно постановлению Кабинета министров Украины, в 2001 г. Коллекция культур шляпочных грибов Института ботаники была внесена в реестр научных объектов, составляющих Национальное достояние Украины.

Коллекция шляпочных грибов – важный ресурс развития отечественного промышленного грибоводства и биотехнологий получения диетических лечебно-профилактических пищевых добавок, функциональных продуктов, биологически активных веществ. В ней представлены культуры 112 видов с известным фармакологическим действием, которые используются в мировой народной и традиционной медицине, в частности, депонированы 70 штаммов, составляющих предмет изобретения как продуценты биологически активных веществ, биомассы и плодовых тел. Морфологические и физиологические характеристики культур Коллекции исследуются по разработанной сотрудниками отдела микологии программе поэтапного скрининга [4]. В каждом конкретном случае поисковая программа скрининга охватывает исследование микроморфологии, подбор оптимальных значений pH, источников углерода, азота, минеральных элементов, витаминов, биостимуляторов для обеспечения наилучшего роста мицелия, образования плодовых тел или продуктов метаболизма, а также биосинтез ферментов, антибиотиков, полисахаридов, пигментов.

По показателям скорости роста, биосинтетической активности, особенностям морфогенеза отобран ряд штаммов, перспективных для биотехнологического применения в Украине с целью получения биомассы мицелия, полисахаридов, антиоксидантов, пигментов и антибиотиков. Штаммы видов *P. ostreatus, P. eryngii, L. edodes, Inonotus obliquus, Ganoderna applanatum, G. lucidum, Hypsizygus marmoreus, Grifola frondosa* и *Hericium erinaceus*, различных видов рода Morchella и многих других предложены для культивирования на разработанных оригинальных питательных средах. Сотрудники Коллекции проводят интенсивные исследования, направленные на установление закономерностей влияния различных условий и факторов культивирования (температура, pH, состав питательных сред, освещение) на рост мицелия и плодоношение, биосинтетическую активность, морфогенез и другие биологические свойства культур макромицетов. На базе культур Коллекции IBK разработан способ глубинного культивирования шляпочных грибов для получения биомассы пищевого назначения с лечебно-профилактическими свойствами.

За научные разработки новых способов культивирования видов съедобных и лекарственных грибов Коллекции культур IBK и создание оригинальных питательных сред сотрудники отдела микологии Института ботаники были удостоены Государственной премии Украины в области науки и техники в 1989 г. (лауреаты – чл.-кор. НАН Украины И.А. Дудка, д. б. н. А.С. Бухало, д. б. н. Э.Ф. Соломко), в 2005 г. (лауреаты – чл.-кор. НАН Украины И.А. Дудка, д. б. н. Н.А. Бисько, к. б. н. Н.Ю. Митропольская, к.б.н. В.Т. Билай), в 2009 г. – премии НАН Украины, НАН Беларуси и АН Молдовы (лауреаты – д. б. н. Н.А. Бисько, к. б. н. Н.Л. Поединок).

Коллекция имеет природоохранное значение для сохранения генофонда шляпочных грибов. Важным направлением работы является интродукция в культуру и сохранение редких видов макромицетов микобиоты Украины. Особое внимание уделяется культурам видов, занесенным в «Красную книгу Украины», а также исчезающим видам грибов. В частности, в Коллекции поддерживаются виды аскомицетов – *Morchella steppicola* и *M. crassipes*, базидиальных грибов – *Agaricus romagnesii, Laricifomes officinalis, Hericium coralloides, G. frondosa, Sparassis crispa*. Кроме того, в Коллекции хранятся штаммы вида *Pleurotus nebrodensis* – единственного представителя царства грибов, внесенного в Красный список Международного союза охраны природы [1]. Он зачислен в категорию видов, находящихся на грани исчезновения согласно соответствующим критериям МСОП, поскольку территория, где этот гриб встречается, составляет <100 кв. км, популяция в значительной степени фрагментирована, наблюдается постоянное уменьшение количества локалитетов и зрелых индивидов. При достаточном штаммовом многообразии редких видов в Коллекции и проведении исследований, направленных на изучение особенностей условий для их вегетативного роста и плодоношения, существует возможность интродукции этих видов в природные биотопы.

Важным звеном работы Коллекции культур является накопление информации о свойствах конкретных штаммов, интродуцированных в чистую культуру из плодовых тел или полученных по обмену с другими коллекциями. Поиск критериев для идентификации и верификации отдельных таксономических и экологических групп макромицетов в культуре, наряду с исследованием культуральных и микроморфологических особенностей невозможен без характеристики физиологических и биохимических признаков, которые также могут использоваться для определения принадлежности культур к определенному виду.

Учитывая чрезвычайную важность корректного определения таксономического статуса мицелиальных культур грибов-макромицетов, имеющих практическое применение, на базе штаммов Коллекции осуществляются исследования культурально-морфологических свойств мицелиальных культур ценных видов с применением сканирующей электронной микроскопии. В 2009 г. была издана первая в мире монография [5]. В книгу вошли детальные описания вегетативного мицелия, микроструктур, телеоморфы 100 видов базидиальных и сумчатых макромицетов, среди которых большинство видов являются ценными съедобными и лекарственными грибами. Для каждого вида приводится его систематическое положение и практическое применение, дано описание телеоморфной стадии и микрофотографий, сделанных при помощи сканирующего электронного микроскопа.

Основу Коллекции составляют оригинальные культуры, изолированные сотрудниками из природ-

ного материала, собранного на территории Украины, РФ, Беларуси, Чехии, Израиля, США, Германии. Часть культур получена по обмену с другими коллекциями, от организаций и специалистов-микологов. Сегодня Коллекция ІВК является главной научно-информационной базой для фундаментальных и прикладных научных исследований в Украине, выполнения бакалаврских, магистерских и диссертационных работ. Здесь проходят практику и стажировку сотрудники заповедников, студенты вузов и Малой академии наук.

Коллекция ІВК оказывает консультативную помощь в методических вопросах по различным аспектам культуральных исследований макромицетов: идентификации культур, их выделению, хранению, культивированию, а также морфологии, физиологии и биохимии макромицетов на стадии мицелиального роста, активно сотрудничает с рядом национальных университетов, научно-исследовательских институтов Украины и стран зарубежья. В связи с актуальностью сохранения многообразия микобиоты шляпочных грибов дальнейшая работа Коллекции заключается в расширении таксономического и экологического состава макромицетов с акцентом на редкие и исчезающие виды, а также виды с полезными ресурсными свойствами – съедобные, лекарственные, продуценты биологически активных веществ.

Список литературы

1. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев: Наук. думка, 1988: 144 с.
2. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сб. науч. тр. в 2-х тт. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпресс. 2011-2012; 1-2: 671 с.
3. IUCN 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. http:.www.iucnredlist.org. http:.www.iucnredlist.org/details/61597/0
4. Buchalo AS., Mykchaylova OB., Lomberg ML, Wasser SP. Microstructures of vegetative mycelium of macromycetes in pure cultures. Eds. PA Volz & E Nevo K: Alterpress. 2009: 224 p.
5. Buchalo A, Mykchaylova O, Lomberg M, Wasser SP. Microstructures of vegetative mycelium of macromycetes in pure cultures. Ed. by PA Volz & E Nevo. Koeltz Sci. Books. Koenigstein/Germany. 2009: 120 p.

БАЗА ДАННЫХ УНИКАЛЬНОГО НАУЧНОГО ОБЪЕКТА – КОЛЛЕКЦИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ УЗБЕКИСТАНА

Глухова Л.А., Хасанов Б.А.

Институт генетики и экспериментальной биологии растений АНРУз, Ташкентская область, Узбекистан

Коллекции микроорганизмов находятся в эпицентре прогрессивных современных и будущих фундаментальных и прикладных научных, медицинских, биотехнологических и др. исследований, они бесценны и считаются во всех странах национальным достоянием. Коллекция фитопатогенных микроорганизмов, созданная в начале 1993 г. по инициативе д.б.н., профессора Б.А. Хасанова, с 2009 г. имеет статус Уникального научного объекта, 18.01.2015 зарегистрирована в Word Data Centre for Microorganisms (WDCM) под № WDCM 862. В коллекции имеются 703 живые культуры, относящиеся к 44 родам, в т. ч. ценные промышленно – важные штаммы микогербицидов, биологические средства защиты растений от болезней, наиболее вирулентные штаммы и расы для проверки на устойчивость к болезням важнейших с.-х. культур, редко встречающиеся микроорганизмы.

Культуры регистрируются в журнале и электронной базе данных – в книгах Accession Book, Fungus Book и Host Book. В журнале отмечается порядковый номер культуры, научное наименование, описание культурально-морфологических свойств, данные идентификатора, даты получения чистой культуры, передачи для молекулярно – генетических исследований и полученные результаты, даты посева в пробирки на косяки и столбики агара, заливки вод слой минерального масла. Лиофилизация культур проводилась в период с 1993 по 2000 г.

1. Accession book : AccessionNamber; Scientific name of fungus species & authority; Name of depositor; Date Reseived; Country locality where it was collected; Date of collection; Name of collector; Number given by collector; Substrate or host; Identified by ; Emploed Method of preservation; Additional data.
2. Fungus book : Scientific name of fungus species & authority; CACC Accession Number; Number given by collector; Country locality where it was collected; Substrate or host ; Additional data ; Taxonomy.
3. Book of host plant: Host plant or substrate; Scientific name of fungus species & authority; CACC Accession Namber; Number given by collector; Country locality where it was collected; Additional data.

Имеющиеся микробные генетические ресурсы уникальны и в случае утраты восстановление их посредством повторного выделения из природных популяций сопряжено с большими трудностями или вовсе невозможно.

БЕЛОРУССКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ НЕПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ: ПОДДЕРЖАНИЕ ФОНДА МИЦЕЛИАЛЬНЫХ И ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ

Кантерова А.В., Новик Г.И.
Институт микробиологии НАНБ, Минск

Белорусская коллекция непатогенных микроорганизмов (далее БКМ), созданная на основе научной коллекции типовых и промышленно-ценных непатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси, является крупнейшей в республике. БКМ включена в Государственный реестр научных объектов, которые составляют национальное достояние, под реестровым номером 5 (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11.06.2002 № 758). В 2007 г. коллекция зарегистрирована во Всемирной Федерации Коллекций Культур (WFCC-MIRCEN World Data Centre for Microorganisms, WDCM) под номером 909. Акроним коллекции – BIM (БИМ).

Биотехнологические объекты (бактерии, вирусы, мицелиальные и дрожжевые грибы) – представляют большую ценность, и сохранение их исходных свойств при длительном хранении является первоочередной задачей. Решение ее гарантируется лишь при создании и поддержании фонда микроорганизмов в коллекции культур с обеспечением всех необходимых для этого условий. В БКМ поддерживаются культуры различных систематических групп с соответствующей информацией о них, ведется необходимая документация, депонируются хозяйственно-ценные штаммы, выдаются культуры по запросам пользователей. В коллекции разрабатываются и применяются эффективные методы длительного хранения культур. Систематически проводится таксономическая ревизия культур коллекционного фонда, совершенствуются и пополняются компьютерные базы данных, содержащие информацию о коллекционном фонде. На постоянной основе осуществляется пополнение фонда коллекции за счет культур, полученных от исследователей, организаций научно-исследовательского профиля республики Беларусь и других стран в порядке обмена или на коммерческой основе, а также выделения культур микроорганизмов из природных источников сотрудниками Института микробиологии в рамках Национальной стратегии и плана действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь.

В результате выполнения межгосударственной целевой программы Евразийского экономического сообщества «Инновационные биотехнологии» на базе БКМ созданы 2 специализированные коллекции – фитопатогенных микроорганизмов (100 штаммов) и микромицетов – агентов биоповреждений строительных материалов (40 штаммов). Инициировано создание специализированной коллекции микроорганизмов – деструкторов ксенобиотиков.

В коллекции хранится более 1700 штаммов микроорганизмов различных таксономических групп, в том числе 546 штаммов мицелиальных и 234 штамма дрожжевых грибов.

Общедоступный фонд мицелиальных грибов БКМ включает свыше 300 штаммов, относящихся к следующим видам (табл. 1). Наибольшим количеством видов в коллекции представлены мицелиальные грибы, относящиеся к родам *Penicillium, Aspergillus, Phellinus, Trametes*.

Фонд дрожжевых грибов БКМ представлен культурами, относящимися к 63 видам и 32 родам (табл. 2).

Таблица 1. Родовой и видовой состав коллекционного фонда мицелиальных грибов

№ п/п	Род	Вид
1	*Abortiporus*	*biennis*
2	*Agrocybe*	*aegerita*
3	*Alternaria*	*alternata*
4	*Aspergillus*	*alliaceus, awamori, caelatus, candidus, carbonarius, citrisporus, clavatus, foetidus, niger, nutans, ochràceus, oryzae, terreus, varians*
5	*Bipolaris*	*sorokiniana*
6	*Bjerkandera*	*adusta*
7	*Botrytis*	*aclada, cinerea*
8	*Cercospora*	*sp.*
9	*Chaetomium*	*globosum, megalocarpum*
10	*Circinella*	*naumovii*
11	*Colletotrichum*	*coccodes, acutatum*
12	*Crinipellis*	*schevczenkoi*
13	*Cunninghamella*	*echinulata, japonica*
14	*Curvularia*	*inaequalis, lunata*
15	*Daedaleopsis*	*confragosa*
16	*Didymella*	*bryoniay*
17	*Flammulina*	*velutipes*
18	*Fomes*	*fomentarius*
19	*Fomitopsis*	*annosa, pinicola*
20	*Fusarium*	*avenaceum, verticilloides, solani var argillaceum, oxysporum*
21	*Ganoderma*	*applanatum, lucidum*
22	*Gliocladium*	*flavo-fuscum*
23	*Gloeophyllum*	*sepiarium*
24	*Heterobasidium*	*annosum*
25	*Hirschioporus*	*pergamenus*
26	*Inonotus*	*obliquus, radiatus*
27	*Lentinus*	*edodes, lepideus*
28	*Monilia*	*fructigena*

29	*Morchella*	*Esculenta, steppicola,crassipes, conica*
30	*Mortierella*	*alpina, ramanniana, vinacea*
31	*Mucor*	*racemosus, sinensis, zonatus*
32	*Myrothecium*	*verrucaria*
33	*Paecilomyces*	*marquandii*
34	*Panellus*	*farinaceus, stipticus*
35	*Panus*	*tigrinus*
36	*Penicillium*	*adametzii, camemberti, canescens, chrysogenum, citreonigrum, citrinum, crustosum, decumbens, digitatum, expansum, funiculosum, glabrum, griseofulvum, implicatum, italicum, janczewskii, jensenii, lanosum, piscarium, purpurogenum, roqueforti, solitum, spinulosum, variabile, verruculosum, vulpinum*
37	*Phanerochaete*	*chrysosporum*
38	*Phellinus*	*igniarius, pini, robustus, tremulae*
39	*Phoma*	*medicaginis*
40	*Phomopsis*	*sp.*
41	*Phlebia*	*gigantea, radiata*
42	*Pholiota*	*aurivella*
43	*Piptoporus*	*betulinus*
44	*Plectoshaerella*	*cucumerina*
45	*Pleospora*	*herbarum*
46	*Pleurotus*	*calyptratus, ostreatus*
47	*Polyporus*	
48	*Pycnoporus*	*cinnabarinus*
49	*Rhizoctonia*	*solani, cerealis*
50	*Rhizopus*	*oryzae*
51	*Schizophyllum*	*commune*
52	*Sclerotinia*	*sclerotiorum*
53	*Serpula*	*sclerotiorum*
54	*Sphaeropsis*	*sapina*
55	*Sporotrichum*	*pruinosum*
56	*Stereum*	*hirsutum*
57	*Trametes*	*flavescens , hirsuta, versicolor, zonatella*
58	*Trichoderma*	*koningii, viride, reesei, virens, sp., atroviride*
59	*Tricholomopsis*	*rutilans*
60	*Trichothecium*	*roseum*
61	*Tritirachium*	*album*
62	*Tyromyces*	*lacteus*
63	*Verticillium*	*lateritium*

Таблица 2. Родовой и видовой состав коллекционного фонда дрожжевых грибов

№ п/п	Род	Вид
1	*Arthroascus*	*javanensis*
2	*Bulleromyces*	*albus*
3	*Candida*	*boidinii, kefyr, maltosa, mesenterica, tropicalis, utilis, wickerhamii*
4	*Cryptococcus*	*curvatus, laurentii v. laurentii*
5	*Debaryomyces*	*castellii, hansenii v. hansenii*
6	*Dekkera*	*anomala*
7	*Geotrichum*	*fermentans*
8	*Hanseniaspora*	*osmophila, valbyensis, vineae*
9	*Issatchenkia*	*orientalis*
10	*Kluyveromyces*	*lactis v. lactis, marxianus*
11	*Leucosporidium*	*scottii*
12	*Lipomyces*	*lipofer, starkeyi*
13	*Lodderomyces*	*elongisporus*
14	*Metschnikowia*	*krissii*
15	*Nadsonia*	*fulvescens v.elongata*
16	*Pachysolen*	*tannophilus*
17	*Pichia*	*angusta, anomala, fermentans, fluxuum, holstii, kudriavzevii, pastoris, philogaea, silvicola*
18	*Rhodosporidium*	*diobovatum, kratochvilovae, sphaerocarpum, toruloides*
19	*Rhodotorula*	*creatinivora, glutinis, lactosa, minuta, mucilaginosa*
20	*Saccharomyces*	*cerevisiae, paradoxus, kluyveri*
21	*Saccharomycodes*	*ludwigii*
22	*Saccharomycopsis*	*fibuligera*
23	*Schizosaccharo-myces*	*octosporus, japonicus*
24	*Sporobolomyces*	*roseus*
25	*Torulaspora*	*delbrueckii*
26	*Trichosporon*	*aquatile, cutaneum, variabilis*
27	*Wickerhamia*	*fluorescens*
28	*Williopsis*	*saturnus*
29	*Wingea*	*robertsiae*
30	*Xanthophyllo-myces*	*dendrorhous*
31	*Yarrowia*	*lipolytica*
32	*Zygosaccharo-myces*	*bisporus*

Большое внимание уделяется выбору оптимального способа хранения мицелиальных и дрожжевых грибов [1, 2]. При этом важно сохранить не только жизнеспособность культур в течение длительного времени, но и хозяйственно-ценные свойства, это особенно важно для штаммов-продуцентов биологически активных веществ, используемых в микробиологической промышленности и биоинженерии. Одним из обяза-

тельных методов поддержания фонда мицелиальных и дрожжевых грибов является субкультивирование (периодические пересевы на свежие питательные среды). Однако, как известно, при пересевах возможны изменения или даже потери отдельных морфологических признаков и физиологических свойств. В связи с этим большинство штаммов поддерживаются методом лиофилизации.

При лиофилизации суспензия спор грибов или клеток дрожжей в протекторной среде высушивается из замороженного состояния в условиях вакуума. Высушенные образцы представляют собой сухую пористую массу и могут храниться достаточно долго. Для лиофилизации нами используется установка марки «Modulyo 4K» фирмы «Edwards». Материал для высушивания смывается с поверхности плотной питательной среды протектором и помещается в ампулы.

После центрифугирования образцы высушиваются при температуре рефрижератора –55 °С и глубине вакуума $8 \cdot 10^{-2}$ мбар в течение 3 ч для мицелиальных и 4 ч для дрожжевых грибов, досушивание проводится на «гребенке» 2,5 ч для мицелиальных и 18 ч для дрожжевых грибов при комнатной температуре. После высушивания ампулы запаиваются и проверяются на наличие вакуума, ампула каждой культуры вскрывается для контроля жизнеспособности. Далее ампулы закладываются на хранение при +4 °С.

Периодически проверяется жизнеспособность штаммов и проводится повторная лиофилизация. Этот метод имеет как отрицательные, так и положительные стороны. К недостаткам можно отнести высокую стоимость оборудования, трудоемкую и продолжительную работу по оптимизации условий выращивания мицелиальных и дрожжевых грибов, а также по подбору эффективных протекторных сред и т.д., в то же время лиофилизация – достаточно надежный и удобный способ хранения, особенно при необходимости передавать или пересылать культуры пользователям.

Установлено, что при лиофилизации не все культуры сохраняют жизнеспособность. Поэтому в БКМ для хранения мицелиальных и дрожжевых грибов применяется также метод криоконсевации. В настоящее время криоконсервация считается самым надежным методом сохранения, как жизнеспособности, так и свойств микроорганизмов в течение неограниченного времени. В БКМ используется метод хранения при –70 °С в специальных низкотемпературных камерах.

Перед закладкой на хранение культуры выращиваются на оптимальной для каждого штамма питательной среде. Сохранение жизнеспособности при замораживании и последующем оттаивании существенно зависит от состава протекторной среды. При криоконсервации используется несколько вариантов протекторных сред: обезжиренное сухое молоко (10%), лактозу (10%), глицерин (10об.%), диметилсульфоксид (5 об.%). После добавления протекторных сред образцы помещаются в специальные контейнеры и закладываются в морозильную камеру, в БКМ используются установки марки ULT1386-5-V41 (США) с объемами морозильных камер 650 л.

Размораживание образцов проводится при 37 °С до полного оттаивания с исключением дальнейшего нагрева. Затем микроорганизмы культивируют на подходящей питательной среде, определяют жизнеспособность, изучают макро- и микроморфологию.

Таким образом, в БКМ постоянно ведется интенсивная работа по пополнению коллекционного фонда новыми штаммами, накапливается, систематизируется и оценивается информация о свойствах промышленно-ценных грибов и дрожжей, оптимизируются методы их длительной консервации.

Список литературы

1. Кантерова А.В., Важинская И.С., Новик Г.И. Жизнеспособность и активность роста грибов родов Aspergillus и Penicillium после длительного хранения в лиофилизированном состоянии. В сб: «Актуальные проблемы микробиологии и биотехнологии». Национальная научная конференция с междунар. участием. 5–6 окт. 2009. Кишинев.– 2009: 44-6.
2. Важинская И.С. Теоретические и практические аспекты криоконсервации микроорганизмов. И.С. Важинская, Г.И. Новик Д.В. Рахуба. «Инновационные технологии в производстве пищевых продуктов». Мат. V Межд. научно-практ. конф. г. Минск, 5-6 окт. 2006. 2006: 36-8.

ДОПОЛНЕНИЕ К ПЕРЕЧНЮ МУЧНИСТОРОСЯНЫХ ГРИБОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Храмцов А.К.
Белорусский государственный университет, Минск

В условиях усилившейся антропогенной трансформации ландшафтов охраняемые регионы являются крайне важными территориями в изучении биоразнообразия. Это напрямую касается разнообразия мучнисторосяных грибов (Erysiphales, Leotiomycetidae, Leotiomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota), вызывающих вредоносную болезнь дикорастущих и культивируемых растений – мучнистую росу. Получить данные о распространении и развитии указанных микромицетов-фитопатогенов в природе и оценить их значение в процессах, происходящих в современной биосфере, можно лишь изучая и сравнивая данные организмы в

естественных (эталонных) и антропогенно нарушенных экосистемах.

Мучнисторосяные грибы на особо охраняемых территориях Беларуси неоднократно привлекали к себе внимание микологов и фитопатологов. Однако до настоящего времени в заповедных регионах республики они остаются изученными лишь частично, о чем говорит то, что сведения о них постоянно пополняются. Одной из таких территорий является Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Нарочанский», расположенный в основном (96 %) на территории Мядельского и частично Вилейского, Поставского и Сморгонского районов.

В 2006 г. В.Д. Поликсенова и А.И. Стефанович представили результаты изучения грибов порядка Erysiphales в окрестностях оз. Нарочь, которое было начато в 1963 г. В различных фитоценозах вышеуказанными исследователями выявлен 41 вид фитопатогенов из родов *Erysiphe, Golovinomyces, Sphaerotheca, Podosphaera, Microsphaera, Uncinula* и *Oidium*. Обнаруженные микромицеты в голоморфе или анаморфе развивались на растениях 87 видов [1].

В течение 2005 – 2006 гг. в Национальном парке «Нарочанский» С.Л. Походня собрал материал (хранится в Гербарии кафедры ботаники БГУ), в результате обработки которого на растениях 10 видов, 10 родов, 9 семейств идентифицированы 9 видов мучнисторосяных грибов из 5 родов [2, 3].

В Гербарии НАН Беларуси в 2006 г. из Мядельского района, а также в числе повсеместно встречающихся на территории Беларуси указывалось 2 вида мучнисторосяных грибов (*Erysiphe pisi* DC. и *E. trifolii* Grev.), развивающихся на растениях родов P*isum, Medicago, Trifolium, Melilotus и Lupinus* [4].

В числе встречающихся в Беларуси повсеместно, в том числе и на территории Национального парка «Нарочанский», в литературе отмечаются 3 вида мучнисторосяных грибов рода *Podosphaera* на 8 видах цветковых растений: *Podosphaera aucupariae* Erikss. на *Sorbus aucuparia* L.; *P. leucotricha* (Ell. et Everh.) Salm. на *Malus domestica* L., *M. sylvestris* (L.) Mill. и *Pyrus communis* L.; *Podosphaera tridactyla* (Wallr.) de Bary на *Padus avium* Mill., *P. serotina* (Ehrh.) Borkh., *Prunus divaricata* Ldb. и P. domestica *L. [5]*.

В данной публикации представлены результаты изучения мучнисторосяных грибов, полученные при выполнении научно-исследовательской работы «Современная структура аборигенного и чужеродного компонента флоры и микобиоты Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Нарочанский».

Полевые исследования в различных фитоценозах парка в пределах Мядельского района Минской области и камеральная обработка материала проведены в 2011–2013 гг.; учтены также сборы, произведенные в 2002 г. Объектами явились грибы порядка Erysiphales, а также их растения-хозяева. В работе использован детально-маршрутный метод микологических и фитопатологических исследований [6]. Встречаемость микромицетов оценена по шкале Гааса [7]. Изучение собранных образцов, идентификация растений и грибов проведены на кафедре ботаники БГУ с использованием определителей и монографий [8-11]. Степень поражения отдельных органов растений оценивали по 5-балльной шкале [12]. Систематическое положение и названия грибов приведены в соответствии с международной микологической глобальной базой данных Index Fungorum. Собранный материал хранится в Гербарии кафедры ботаники БГУ (MSKU).

В итоге проведенных исследований выявлены 60 видов мучнисторосяных грибов, из числа которых 22 вида явились новыми, ранее не указываемыми в литературе для территории Национального парка «Нарочанский». Список новых для парка видов грибов приводится ниже (сборы С.С. Каркоцкой отмечены *, балл степени поражения указан после частоты встречаемости гриба).

Erysiphe berberidis DC.; на *Berberis vulgari*s L., в обсадке на территории Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция»; г.п. Свирь; Дендрологический сад им. С.А. Гомзы, всюду часто, 3–4 балла; территория лагеря «Зубренок», во многих местах, 2–3 балла.

E. buhrii U. Braun; на Melandrium album (Mill.) Garcke; у жилья, д. Наносы, неравномерно, 1-2 балла.

E. flexuosa (Peck) U. Braun & S. Takam.; на Aesculus hippocastanum L., в обсадке, г. Мядель; Дендрологический сад им. С.А. Гомзы; парк, д. Комарово (Свирский сельский совет), во многих местах, 4 балла; у дороги, к.п. Нарочь, неравномерно, 4 балла.

E. friesii (Lév.) U. Braun & S. Takam.; на Rhamnus cathartica L., по краю сосняка мшистого, окр. д. Антонисберг, неравномерно, 3–4 балла.

E. howeana U. Braun; на Oenothera biennis L., у жилья, д. Занарочь, всюду часто, 3–4 балла; к.п. Нарочь, во многих местах, 2-3 балла.

E. lonicerae DC.; на Lonicera tatarica L., в обсадке у магазина д. Антонисберг, неравномерно, 4 балла.

E. lythri L. Junell; на Lythrum salicaria L., у водоема вблизи съезда в направлении лагеря «Зубренок»; низинное болото, окр. д. Антонисберг, неравномерно, 1-4 балла.

E. penicillata (Wallr.) Link; на Alnus glutinosa (L.) Gaertn., низинное болото, окр. д. Антонисберг, неравномерно, 1 балл; парк, д. Комарово (Свирский сельский совет), всюду часто, 4 балла; у канала в окр. г. Мядель, во многих местах, 1 балл; вблизи съезда в направлении лагеря «Зубренок», всюду часто, 1 балл.

E. prunastri DC.; на Prunus spinosa L., в обсадке у здания автовокзала, г. Мядель, единично, 4 балла.

E. russellii (Clinton) U. Braun & S. Takam.; на Xanthoxalis stricta (L.) Small, цветник, территория Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция»; клумба, д. Комарово (Свирский сельский совет), во многих местах, 4 балла.

E. syringae-japonicae (U. Braun) U. Braun & S. Takam.; на Syringa vulgaris L., в обсадке, г.п. Свирь, всюду часто, 2–4 балла; территория лагеря «Зубренок», во многих местах, 2–3 балла.

E. ulmariae Pers. ex Desm.; на Filipendula ulmaria (L.) Maxim., окр. д. Пасынки, всюду часто, 4 балла; на F. denudata (J. et C.Presl) Fritsch, вблизи съезда в направлении лагеря «Зубренок»; г. Мядель, всюду часто, 3–4 балла.

E. vanbruntiana (W.R. Gerard) U. Braun & S. Takam.; на Sambucus racemosa L., сосняк мшистый, окр. Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция»; у дороги, окр. д. Теляки; окр. д. Наносы; г.п. Свирь, всюду часто, 4 балла.

E. viburni Duby; на Viburnum opulus L., по краю сосняка мшистого, окр. д. Антонисберг; Дендрологический сад им. С.А. Гомзы, неравномерно, 2-4 балла.

Golovinomyces biocellatus (Ehrenb.) V.P. Heluta; на Lycopus europaeus L., у ручья на территории лагеря «Зубренок», неравномерно, 1 балл; на Ajuga reptans L., окр. к.п. Нарочь; парк, д. Комарово (Свирский сельский совет), во многих местах, 2–4 балла.

G. magnicellulatus (U. Braun) V.P. Heluta; на Phlox paniculata L., цветник, г.п. Свирь, во многих местах, 4 балла; цветник, д. Черевки, всюду часто, 4 балла.

Phyllactinia fraxini (DC.) Fuss; на Fraxinus excelsior L., в обсадке, г. Мядель; у дороги, окр. д. Антонисберг; д. Пасынки; д. Занарочь; окр. Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция», во многих местах, 2–4 балла; парк, д. Комарово (Свирский сельский совет), всюду часто, 3 балла; у дороги, окр. д. Теляки, неравномерно, 2–3 балла.

Ph. guttata (Wallr.) Lév.; на Betula pendula Roth., у дороги, д. Теляки; д. Занарочь; окр. д. Никольцы; парк, г. Мядель; окр. Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция», во многих местах, 2-4 балла; березняк, окр. д. Осово*, во многих местах, 3 балла; парк, д. Комарово (Свирский сельский совет), всюду часто, 3–4 балла; на Corylus avellana L., по берегу оз. Нарочь, д. Пасынки; Дендрологический сад им. С.А. Гомзы; руины усадьбы «Шеметово», окр. д. Шеметово, во многих местах, 1-4 балла; по берегу оз. Мястро в окр. д. Никольцы, неравномерно, 1 балл; на Syringa vulgaris L., парк, д. Комарово (Свирский сельский совет), неравномерно, 3–4 балла.

Podosphaera euphorbiae (Castagne) U. Braun & S. Takam.; на Euphorbia helioscopia L., рудерально, г. Мядель, неравномерно, 4 балла.

P. fugax (Penz. & Sacc.) U. Braun & S. Takam.; на Geranium palustre L., у ручья на территории лагеря «Зубренок», во многих местах, 1–2 балла; понижение у дороги, окр. д. Пасынки, всюду часто, 1–2 балла; закустаренный участок парка, г. Мядель, во многих местах, 3 балла; на *G. pratense* L., парк, г. Мядель, во многих местах, 4 балла.

P. pannosa (Wallr.) de Bary; на Rosa sp., в обсадке у жилья, к.п. Нарочь, во многих местах, 3–4 балла.

Sawadaea bicornis (Wallr.) Homma; на Acer negundo L.; парк, г.п. Свирь, во многих местах, 4 балла; у хозяйственных построек, вблизи санатория «Нарочанский берег»; вблизи съезда в направлении лагеря «Зубренок»; у жилья, к.п. Нарочь; парк, г. Мядель, всюду часто, 4 балла.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (проект Б11ОБ-084).

Автор выражает благодарность доцентам кафедры ботаники БГУ Т.А. Сауткиной, В.Н. Тихомирову и М.А. Джусу за помощь при определении растений.

Список литературы

1. Поликсенова В.Д., Стефанович А.И. Грибы порядка Erysiphales окрестностей оз. Нарочь. Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2006; 2: 62-5.
2. Походня С.Л., Храмцов А.К. Новые виды фитопатогенных микромицетов НП «Нарочанский». Ботаника (исследования). Сб. научн. тр. Вып. 35. Минск: Право и экономика. 2008: 76-9.
3. Гапиенко О.С., Беломесяцева Д.Б., Кобзарь Н.Н. и соавт. Макромицеты, микромицеты и лихенизированные грибы Беларуси. Гербарий Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича (MSK-F, MSK-L). Минск. 2006: 501 с.
4. Гирилович И.С. Грибы рода Podosphaera Kunze в Беларуси. Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2000; 1: 18-21.
5. Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Мат. 2 рабочего совещания по сравнительной флористике. Нерінга, 1983. Л., 1987: 283 с.
6. Шуканов А.С., Стефанович А.И., Поликсенова В.Д., Храмцов А.К. Уч. пос. Минск: БГУ, 2007: 99 с.
7. Сауткина Т.А., Третьяков Д.И. Зубкевич Г.И. и соавт. Определитель высших растений Беларуси. – Минск: Дизайн ПРО. 1999: 472 с.
8. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Изд-во СПХФА, 2000: 781 с.
9. Гелюта В.П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наук. думка, 1989: 256 с.
10 Braun U, Cook RTA. Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews). Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2012: 707 p.
11. Хохряков М.К., Потлайчук В.И., Семенов А.Я., Элбакян М.А. Определитель болезней сельскохозяйственных культур. Л.: Колос. Ленингр. отд. 1984: 304 с

МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ГРИБОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Курочкин С.А.[1], Медведев А.Г.[2]
[1]Тверской государственный университет
[2]Тверской институт экологии и права

Целенаправленное изучение грибов-макромицетов на территории Тверской области началось с середины 80-х гг., хотя отдельные сведения о распространении некоторых видов базидиальных грибов в пределах региона встречаются и в более ранних изданиях [1]. В 1998 году в рамках работы над серией изданий «Материалы к флоре Тверской области» была предпринята попытка обобщить имеющиеся сведения о микобиоте Тверского региона [2].

К тому моменту маршрутными исследованиями оказались охвачены практически все административные районы области. Составленный список грибов включил в себя 506 видов и 8 внутривидовых таксонов агарикоидных, афиллофоровых грибов и гастеромицетов и в общих чертах отражал таксономическую структуру названных компонентов микобиоты. В этой же работе предпринята попытка выявить нуждающиеся в охране грибы Тверской области на основе данных об их встречаемости. Для внесения в Красную книгу Тверской области было рекомендовано около 60 видов грибов.

В 2002 г. работа по созданию региональной Красной Книги завершилась. В первое издание Красной книги Тверской области вошло 18 видов грибов [3]. За время, прошедшее после публикации «Материалов к флоре Тверской области», авторы несколько пересмотрели свой подход к выделению охраняемых видов, оставив

Выход первого издания Красной Книги послужил стимулом для дальнейших микологических исследований в регионе. С одной стороны, пристальное внимание стало уделяться отдельным таксономическим группам грибов, в результате чего общее количество видов макромицетов, отмеченных в границах области, значительно увеличилось. Появились новые работы, посвященные гастеромицетам [4], трутовым грибам [5], аскомицетам [6], ежовиковым грибам [7].

С другой стороны, в связи с приходом в Тверской регион FSC-сертификации (международной лесной сертификации по схеме Лесного Попечительского Совета) активизировались мониторинговые исследования за состоянием редких видов на арендованных лесных площадях, стала регулярно появляться информация о новых находках грибов от лесозаготовителей и работников лесничеств.

В 2013 г. вышло в свет 2-е (в этот раз – электронное) издание Красной Книги Тверской области [8]. Мониторинговые наблюдения за тенденцией изменения численности некоторых видов грибов в период, прошедший между двумя изданиями Красной Книги, послужили поводом для изменения их природоохранного статуса. Одновременно с этим список грибов-краснокнижников несколько расширился за счет включения в него видов, ранее не отмечавшихся для Тверского региона (таблица).

№	Название вида	К.К. 2002	К.К. 2013	Примечания
1	Antrodiella foliaceo-dentata Антродиелла листозубчатая	1	1	Единственная находка вида сделана в Центрально-лесном заповеднике в 1986 г. [9].
2	Boletus erythropus Дубовик крапчатый	4	3	Встречается единичными экземплярами в ВВ, ЗД, Ма, У районах.
3	Clavariadelphus pistillaris Рогатик пестиковый	-	3	Отмечен для К, Кон, У районов. Встречается небольшими группами, не каждый год.
4	Cortinarius violaceus Паутинник фиолетовый	3	5	Встречается во многих районах, но нерегулярно. Численность за последние годы возросла.
5	Ganoderma lucidum Ганодерма блестящая	-	1	Отмечен в Центрально-лесном заповеднике в 2011 г. [10].
6	Geastrum coronatum Звездовик увенчанный	-	3	Отмечен в К районе. Встречается редко, группами.
7	Geastrum fimbriatum Звездовик бахромчатый	3	3	Отмечен в К районе. Встречается редко, группами.
8	Geastrum melanocephalum Звездовик черноголовый	-	4	Отмечен в К районе. Встречается редко. Статус вида неясен.
9	Geastrum fornicatum	3	-	Вид исключен из Красной Книги: представленные в коллекциях образцы, определенные как Geastrum fornicatum, скорее всего, представляют собой формы Geastrum quadrifidum
10	Geastrum pectinatum Звездовик гребневидный	3	3	Отмечен в К, Лих районах. Встречается редко, группами.

№	Название вида	К.К. 2002	К.К. 2013	Примечания
11	Geastrum quadrifidum Звездовик четырехлопастной	3	3	Отмечен во многих районах. Встречается редко.
12	Gyroporus castaneus Каштановый гриб	3	3	Отмечен в К, А, ЗД, Тор районах. Встречается редко, единичными экземплярами.
13	Gyroporus cyanescens Гиропорус синеющий	3	3	Отмечен в К, Ст, Тор. Встречается редко, группами.
14	Hericium coralloides Ежовик коралловидный	3	3	Найден во многих районах. Распространен широко, но встречается спорадически.
15	Lactarius lignyotus Млечник деревянный	3	3	Отмечен во многих районах. Встречается небольшими группами, но не каждый год.
16	Langermania gigantea Лангермания гигантская	3	3	Отмечен в ВВ, К, Лес, Лих, Рж и Ст. «Метеорный вид». Встречается редко, единичными экземплярами, численность нестабильна.
17	Leccinum percandidum Осиновик белый	3	5	Найден во многих районах. Отмечена тенденция к увеличению численности.
18	Leucopaxillus giganteus Говорушка гигантская	-	1	Известно одно местообитание вида в Ост районе [11]. Численность сокращается.
19	Mutinus caninus Мутинус собачий	4	4	Отмечен во многих районах. Встречается спорадически.
20	Mycenastrum corium Миценаструм толстокожий	4	1	Отмечено единственное местонахождение в К районе. Найдено 3 плодовых тела у старого скотного двора.
21	Onnia tomentosa Онния войлочная	-	3	Отмечен на территории следующих районов: А, К, Кув, Н, Тор, У. Всюду редок.
22	Phleogena faginea Флеогена буковая	-	3	Встречается, в К, Кув, группами.
23	Phaeolepiota aurea Феолепиота золотистая	3	3	Встречается в К, Кон, Лих, Ст, У, редко, небольшими группами.
24	Phallus impudicus Веселка обыкновенная	-	3	Отмечен в К, Ст. Встречается спорадически, очень редко.
25	Poronia punctata Порония точечная	-	1	Известно одно местообитание вида в У районе. Численность сокращается.
26	Polyporus badius Полипорус каштановый	3	3	Отмечен в А, К, Кув, Н, Ст, Торж, Тор, У районах. Численность стабильна, всюду редок.
27	Polyporus umbellatus Трутовик зонтичный	-	1	Отмечен в У и П районах. Встречается редко.
28	Pseudohydnum gelatinosum Псевдоежовик студенистый	-	3	Встречается в ВВ, К, Лих, Н, Ст районах, редко.
29	Pycnoporellus fulgens Пикнопореллус сверкающий	2	3	Отмечен в ВВ, К, Кув, Н, У районах. Редкий.
30	Sarcosoma globosum Саркосома шаровидная	-	3	Встречается в К, Кон, У районах, небольшими группами, спорадически.

В таблице приняты следующие сокращения административных районов Тверской области: А – Андреапольский, Бол – Бологовский, ВВ – Вышневолоцкий, ЗД – Западнодвинский, К – Калининский, Кон – Конаковский, Кув – Кувшиновский, Лес – Лесной, Лих – Лихославльский, Ма – Максатихинский, Н – Нелидовский, Ол – Оленинский, Ост – Осташковский, П – Пеновский, Рж – Ржевский, Се – Селижаровский, Сп – Спировский, Ст – Старицкий, Тор – Торопецкий, У – Удомельский.

Список редких грибов, встречающихся на территории Тверской области, не ограничивается приведенными видами. Однако на сегодняшний день мы посчитали нецелесообразным придавать остальным видам грибов природоохранный статус.

Среди факторов, создающих угрозу исчезновения редких видов грибов, в первую очередь следует отнести: уничтожение коренных старовозрастных лесов в результате лесохозяйственной деятельности; нарушения почвенного покрова и изменения гидрологического режима в процессе лесозаготовок; рекреационную нагрузку, приводящую к переуплотнению поверхностных почвенных горизонтов; химическое загрязнение почвы ксенобиотиками.

Основные способы охраны редких видов грибов: защита их местообитаний (придание статуса ООПТ

или ОЗУ); снижение уровня рекреационной нагрузки на природные сообщества; выделение и сохранение на делянках в процессе лесозаготовок ключевых биотопов, имитирующих естественную лесную мозаику.

Список литературы

1. Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Л.: Наука, 1969. 326 с.
2. Курочкин С.А., Медведев А.Г. Материалы к флоре Тверской области. Часть 3. Грибы. Тверь: Изд-во ТвГУ, 1998. 30 с.
3. Курочкин С.А., Медведев А.Г. Грибы. Красная книга Тверской области. Тверь, 2002. С.138–150.
4. Курочкин С.А., Ребриев Ю.А. Гастероидные базидиомицеты Тверской области. Микол. и фитопатол. 2005. Т. 39, вып. 3. С. 55–60.
5. Медведев А.Г. Трутовые грибы как индикаторы изменений лесных экосистем под воздействием антропогенной нагрузки. Тверь: ТИЭП, 2006. 236 с.
6. Попов Е.С., Курочкин С.А. Дополнения к познанию сумчатых грибов Тверской области. Современная микология в России: 2008; 2: 82-83.
7. Курочкин С.А., Коткова В.М. Ежовиковые грибы Тверской области. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2011. Вып. 22, № 12. С. 142–148.
8. Красная Книга Тверской области. Тверь. 2013: 376 с.
9. Бондарцева М.А. Дереворазрушающие грибы Центрально-лесного заповедника. Новости систематики низших. Л.: Наука, 1986. С. 103–110.
10. Коткова В.М. Изучение афиллофоровых грибов в лесах ЦЛГПБЗ. Динамика многолетних процессов в экосистемах Центрально-Лесного заповедника. Великие Луки: ВГТ, 2012. Вып. 6. С. 307–318.
12. Курочкин С.А. О находках новых и редких для Тверской области грибов макромицетов. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2009. Вып.11; 2: 129–32.

ГРИБЫ ВО ВТОРОМ ИЗДАНИИ КРАСНОЙ КНИГИ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лазарева О.Л.

Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского

Первое издание Красной книги Ярославской области было опубликовано в 2004 г. [1]. В нем приведены сведения о нуждающихся в охране 14 видов грибов, 173 видах растений и 172 видах животных. С момента выхода в свет Красной книги прошло 10 лет. За это время в биоте Ярославской области произошли значительные изменения, коснувшиеся, в том числе, и краснокнижных видов. В результате мониторинговых исследований был накоплен значительный объём новых данных о редких и исчезающих видах живых организмов. Большая часть этих сведений была обобщена в Бюллетене по Красной книге Ярославской области [2].

В 2014 г. коллективом авторов подготовлены материалы для второго издания Красной книги Ярославской области. Ее печать запланирована на 2015 г. По сравнению с первым изданием список охраняемых видов расширился. В нем появились лишайники, водоросли, листостебельные мхи, коловратки и ракообразные.

Список грибов включает 16 видов. Из первого издания в него вошли *Pluteus petasatus, Cortinarius violaceus, Phaeolepiota aurea, Leccinum percandidum, Gyroporus castaneus, Gyroporus cyanescens, Ganoderma lucidum, Hericium coralloides, Clavariadelphus pistillaris, Polyporus umbellatus*. Четыре вида: *Lepiota oreadiformis, Tricholoma cingulatum, Boletus luridus, Mutinus ravenelii* – исключены из Перечня (Списка) видов растений, животных и грибов, занесённых в Красную книгу Ярославской области.

Новыми для второго издания Красной книги Ярославской области являются 6 видов: *Calvatia gigantea, Hygrophorus chrysodon, Phallus impudicus, Geastrum fimbriatum, Geastrum quadrifidum, Sphaerobolus stellatus.* Подавляющее большинство из них относится к группе гастероидных базидиомицетов. Это объясняется интенсивными исследованиями гастеромицетов, проводившимися на территории области в последние 8 лет [3–5].

Вид *Calvatia gigantea* является редким (3-я категория) для Ярославской области. Довольно регулярно плодовые тела появляются на территории музея-усадьбы Н.А. Некрасова «Карабиха» (Ярославский район). Вид занесен в Красные книги 27 субъектов Российской Федерации, в том числе Тверской области [6], имеющей общую границу с Ярославской областью.

На территории «Карабихи» обитает еще один редкий (3-я категория) для Ярославской области вид – *Hygrophorus chrysodon*. Плодовые тела развиваются в «Нижнем парке» среди деревьев липы мелколистной. В Российской Федерации вид занесен в Красные книги Липецкой области [7] и Пермского края [8].

Вид *Phallus impudicus*, имеющий статус «редкий вид» (3-я категория), встречается на юге Ярославской области, в урочище Кухмарь Переславского района. Он занесен в Красные книги 11 субъектов Российской Федерации, в том числе Владимирской [9] и Ивановской областей [10], граничащих с Ярославской областью.

Вид *Geastrum fimbriatum* (статус – «уязвимый вид», 2-я категория) в Ярославской области найден в смешанном лесу в урочище Кухмарь Переславского района, а также в окрестностях г. Ярославля, в посадках ели европейской. Вид занесен в Красные книги 9 субъектов Российской Федерации, в том числе Тверской области [6].

Виду *Geastrum quadrifidum* присвоен статус «редкий вид», 3-я категория. В Ярославской области он обнаружен в окрестностях г. Ярославля (Заволжский район). Занесен в Красные книги 4 субъектов Российской Федерации, в том числе Тверской области [6].

Вид *Sphaerobolus stellatus* («неопределенный статус», 4-я категория) в Ярославской области найден в Ярославском районе, в окрестностях д. Филимоново. По всей видимости, вид более широко распространен на территории области, однако «просматривается» из-за своих мелких размеров. Вид занесен в Красную книгу Ростовской области [11].

Из 16 видов грибов, включенных во второе издание Красной книги Ярославской области, два вида – G. lucidum и P. umbellatus – имеют государственный ранг охраны и занесены в Красную книгу Российской Федерации [12]. Остальные 14 видов охраняются на местном уровне. Статус «3-я категория. Редкий вид» имеют 14 видов грибов. Одному виду (*Gstr. fimbriatum*) присвоен статус «2-ая категория. Уязвимый вид». Один вид (*Sph. stellatus*) получил статус «4-ая категория. Вид с неопределенным статусом».

Тринадцать видов грибов из Красной книги нашего региона занесены в Красные книги Тверской, Владимирской, Ивановской и Московской областей, граничащих с Ярославской областью [6, 9, 10, 13]. Исключение составляют *Pl. petasatus, Hyg. chrysodon, Sph. stellatus.*

Анализ принадлежности грибов к эколого-трофическим группам показал, что 5 из 16 видов являются микоризообразователями. *Hyg. chrysodon, Gyr. castaneus и Gyr. cyanescens* образуют микоризу с широколиственными породами деревьев (липой мелколистной и дубом черешчатым). Последние встречаются в основном на юге области в составе смешанных лесов. Эта эколого-биологическая особенность, а также нарушение местообитаний в результате антропогенного вмешательства и сбор плодовых тел грибниками являются наиболее вероятными причинами редкости указанных видов. Пять видов относятся к группе ксилосапротрофов: *Pl. petasatus, H. coralloides, Sph. stellatus, G. lucidum и P. umbellatus*. Два последних вида могут паразитировать на ослабленных деревьях, поэтому одновременно относятся к группе факультативных паразитов. Остальные шесть видов развиваются как гумусовые сапротрофы. Причем C. gigantea довольно активно проникает в антропогенные ландшафты.

Популяции 8 видов грибов расположены на территориях, входящих в систему ООПТ Ярославской области: в национальном парке «Озеро Плещеево» – *L. percandidum, Gyr. castaneus, Gyr. cyanescens, G. lucidum, H. coralloides, Ph. impudicus, Gstr. fimbriatum*; в Гаврилов-Ямском заказнике – *L. percandidum*; в Козьмодемьянском заказнике – *L. percandidum и Gyr. castaneus*; в памятнике природы «Дубрава на Верхнем острове» – *Sph. stellatus*. Для остальных восьми видов еще предстоит разработать меры охраны.

Список литературы

1. Красная книга Ярославской области. Под ред. Л.В. Воронина. Ярославль: Изд-во А. Рутмана, 2004: 475 с.
2. Бюллетень по Красной книге Ярославской области. Ярославль: ООО «Хитон». 2010: 156 с.
3. Предварительные материалы к изучению гастеромицетов Ярославской области. Краеведческие записки. Вып. VIII. Мат. 8 и 9 Тихомировских чтений. Ярославль: Рамдер. 2005: 585-92.
4. Биота гастероидных базидиомицетов Ярославской области. Матер. международ. конф. «Чтения Ушинского» естественно-географического факультета ЯГПУ. Ярославль: Изд-во ЯГПУ. 2008: 67-72.
5. Экологические особенности гастероидных базидиомицетов г. Ярославля и его окрестностей. Актуальные проблемы экологии Ярославской области: Матер. 4 научн.-практ. конф. (5–7 июня 2008 г.). Ярославль, 2008: 307-11.
6. Красная книга Тверской области. Ред. А.С. Сорокин. Тверь: «Вече Твери», «Изд-во АНТЕК». 2002: 256 с.
7. Красная книга Липецкой области. Растения, грибы, лишайники. Под ред. В.С. Новикова. Тов-во научн. изд-в КМК, 2005. 509 с.
8. Красная книга Пермского края. Научн. ред. А.И. Шепель. Пермь: Книжный мир, 2008. 256с.
9. Красная книга Владимирской области. Владимир, 2008: 399 с.
10. Красная книга Ивановской области. Т.2: Растения и грибы. Под ред. В.А. Исаева. Иваново: ИПК «ПресСто». 2010. 192 с.
11. Красная книга Ростовской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений. Ростов-на-Дону: Малыш. 2004: 333 с.
12. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). Ред.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. М.: Тов-во научн. изд-в КМК. 2008: 855 с.
13. Красная книга Московской области. 2-е изд. М.: Тов-во научн. изд-в КМК. 2008: 827 с.

ГРИБЫ РОДА *PHYLLOSTICTA* PERS. В МИКОЛОГИЧЕСКОМ ГЕРБАРИИ (VOR) КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И МИКОЛОГИИ ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Мелькумов Г.М.
Воронежский государственный университет

В связи с экологическими аномалиями последних лет растения стали более подвержены влиянию абиотических факторов, что ослабляет их и предрасполагает к возникновению патологического процесса различной этиологии (Мелькумов, Агафонов, 2010).

Среди многочисленных болезней растений филлостиктоз выступает одним из наиболее распространенных и опасных типов поражения различных органов растений. Данная болезнь вызывается паразитическими сумчатыми анаморфными пикнидиальными грибами рода *Phyllosticta* Pers., относящиеся к классу Dothideomycetes, порядку Botryosphaeriales и семейству Botryosphaeriaceae. При поражении растений, на живых листьях, стеблях или плодах появляются темные округлые, продолговатые или угловатые пятна, часто резко ограниченные от поврежденных тканей более темной узкой или широкой каймой, с круглыми пикнидами в виде точек черного цвета. Пораженная ткань со временем выпадает, и листья оказываются продырявленными. При сильном поражении пятна покрывают всю поверхность листа (van der Aa, 1973).

В результате проведенной предварительной ревизии микологического гербария ВГУ (VOR) было выявлено 50 видов рода *Phyllosticta*, собранных на территории Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской и Тамбовской областей.

Названия таксонов грибов рода *Phyllosticta* расположены согласно системе, представленной в 10-м издании «Словаря грибов Айнсворта и Бисби» (Kirk, Cannon, Minter., Stalpers., 2008), сокращения авторов даны по работе «Authors of Fungal Names» (Kirk, Ansel). Актуальность всех видовых названий грибов выверена с помощью номенклатурной базы данных MycoBank (http:.www.mycobank.org) (по состоянию на 18.01.2015).

Ниже приводится печень гербарных образцов грибов рода *Phyllosticta* с указанием их современного латинского названия, субстрата, местонахождения, местообитания (принятые сокращения: Белгор. – Белгородская, Ворон. – Воронежская, Курск. – Курская, Лип. – Липецкая, Орл. – Орловская, Тамб. – Тамбовская, обл. – область, г. – город, р-он – район, зап. – заповедник, ин-т – институт, Ботсад ВГУ – Ботанический сад ВГУ, Дендропарк ВГЛТА – Дендропарк Воронежской лесотехнической академии, «ДТР» - «Декоративно-травянистые растения», «НФ» - «Наша флора», «ОНЭК» – «Отдел новых экономических культур», «ЦО» – «Цветочный отдел»).

Phyllosticta aceris Sacc. На Acer campestre L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ДТР». На A. negundo L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Центральный парк КиО «Динамо»; парк «Авиастроителей»; Ботсад ВГУ.

Ph. ajugae Sacc. & Speg. На Ajuga genevensis L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «НФ».

Ph. alnicola C. Massal. На Alnus Mill. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ.

*Ph. amaranth*i Ellis. & Kelberm. На Amaranthus retroflexus L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «НФ».

Ph. ambrosioides Thüm. На Chenopodium album L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ДТР». – Лип. обл.: Задонский р-он, зап. «Галичья гора», участок Морозова гора.

Ph. argentinae Desm. На Potentilla argentea L. – Лип. обл.: Задонский район, зап. «Галичья гора».

Ph. astragalicola C. Massal. На Astragalus cicer L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК»; Таловский р-он, ин-т им. В.В. Докучаева, лесная полоса №41. – Лип. обл.: Задонский р-он, зап. «Галичья гора», участок степи.

Ph. berderidis Westend. На Berberis vulgaris L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Дендропарк ВГЛТА.

Ph. caraganae P. Syd. На Caragana arborescens Lam. – Ворон. обл.: Рамонский р-он, окр. ВНИИСС, фруктовый сад. – Курск. обл.: Центрально-черноземный государственный зап. им. проф. В.В. Алехина, Стрелецкий участок, степь.

Ph. cirsii Desm. На Cirsium sp. – Ворон. обл.: Бобровский р-н, окр. с. В. Икорец, склон оврага.

Ph. cornicola (DC.) Rabenh. На Cornus sanguine (L.) Opiz. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Центральный парк КиО «Динамо»; Дендропарк ВГЛТА; Ботсад ВГУ.

Ph. coronilae M. I. Nikol. На Coronilla varia L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «НФ»; Таловский р-он, ин-т им. В.В. Докучаева, некосимая залежь 1914 года. – Курск. обл.: Центрально-черноземный государственный зап. им. проф. В.В. Алехина, Стрелецкий участок.

Ph. cruenta (Fr.) J. Kickx. f. На Polygonatum Mill. – Ворон. обл.: Графский зап. На Polygonatum officinale All. – Ворон. обл.: Бобровский р-он, окр. с. В. Икорец, дубрава.

Ph. cytisi Desm. На Cytisus litwinowii V.I. Krecz. – Белгор. обл.: Новооскольский р-он, х. Жилин. На Cytisus ruthenicus Fischer. – Ворон. обл.: Таловский район, ин-т им. В.В. Докучаева.

Ph. confusa Bubák. На Atriplex sp. – Ворон. обл.: опытное станция, поле.

Ph. desertorum Sacc. На Astragalus austriacus L. – Ворон. обл.: Таловский район, ин-т им. В.В. Докучаева, некосимая залежь 1882 г. На Astragalus cicer L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК»; Таловский район, институт им. В.В. Докучаева, некосимая залежь 1882 г. На *Astragalus danicus* Retz. – Ворон. обл.: Таловский район, институт им. В.В. Докучаева, некосимый участок 1882 г.

Ph. destructiva Desm. На Alcea rosea L. – Воронежская обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», посевы. На *Lavatera thuringiaca* L. – Белгор. обл.: Алексеевский р-он, урочище Сакалинка, остепненный склон балки. – Ворон.обл.: Таловский р-он, ст. Таловая, ин-т им. В.В. Докучаева, косимая степь. На Malva mavritiana L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», посевы. На M. pusilla Sm. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Дендропарк ВГЛТА; Красный кордон, Шипов лес, берег пруда; Новохоперский р-он, Хоперский зап., берег озера Б. Голое. – Лип. обл.: Становленский р-он, с. Мещерское. – Орл. обл.: г. Болхов, левый берег р. Нугрь, на остепненном склоне; Залегощский р-он, с. Залегощь, берег р. Нугрь. – Тамб. обл.: Моршанский р-он, с. Марусино, Моршанская с/ст., луг, между посевами. На M. verticillata L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», посевы. На Malope trifida Cav.– Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», посевы; «ЦО», посевы. На Sida hermaphrodita Rusby. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», посевы.

Ph. dolichi Brunaud. На Dolichos ornatus Wall. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК»; посевы. На D. lablab L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК». На D. sesquipedalis Linn. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК»; посевы. На Vigna capensis (L.) Walp. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы.

Ph. fraxinicola (Curr.) Sacc. На Fraxinus excelsior L. – Курск. обл.: г. Курск, Всеросс. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии.

Ph. galegae Garb. На Galega orientalis Lam. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы в «ОНЭК».

Ph. gallarum Thüm. На Caragana arborescens Lam. – Лип. обл.: Задонский р-он, зап. «Галичья гора», сообщество вдоль дороги.

Ph. laburnicola Sacc. На Laburnum anagyroides Medik. – Ворон. обл.: Таловский район, ин-т им. В.В. Докучаева.

Ph. lappae Sacc. На Arctium lappa L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ДТР».

Ph. lathyrina Sacc. & S.G. Winter. На Lathyrus pisiformis L. – Курск. обл.: Центрально-черноземный государственный зап. им. проф. В.В. Алехина, Казацкий участок, степь. – Лип. обл.: Задонский р-он, зап. «Галичья гора». – Тамб. обл.: Моршанская с/ст., лес.

Ph. lychnidis Bonartsev. На Lychnis chalcedonica L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ДТР».

Ph. lupini Bonar. На Lupinus angustifolius L. – Лип. обл.: г. Липецк, посевы. На Lupinus sp. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», «ЦО».

Ph. lupinicola Rothers. На Lupinus albus L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК», «ЦО».

Ph. medicaginis (Fuckel) Sacc. На Medicago sativa L. – Ворон. обл.: Лискинский р-он, с. Аношкино.

Ph. minima (Berk. & M.A. Curtis) Underw. & Earle. На Acer platanoides L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Центральный парк КиО «Динамо»; парк «Авиастроителей».

Ph. minussinensis Thüm. На Lathyrus tuberosus L. – Ворон. обл.: Таловский р-он, ин-т им. В.В. Докучаева, некосимая залежь 1882 года.

Ph. onobrychidis Panas. На Onobrychis arenaria (Kit.) DC. – Курск. обл.: Центрально-черноземный государственный зап. им. проф. В.В. Алехина, Стрелецкий участок. На Onobrychis sativa Lam. – Тамб.обл.: Моршанский р-он, Моршанская с/ст., посев.

Ph. orobella Sacc. На Orobus albus L. – Ворон. обл.: Таловский район, институт им. В.В. Докучаева, некосимый участок 1882 г. На O. vernus L. – Тамб. обл.: Моршанский р-он, Моршанская с/ст., лес.

Ph. orobina Sacc. На Orobus vernus L. – Лип. обл.: Задонский район, зап. «Галичья гора», урочище Морозова гора, дубрава. – Курск. обл.: Центрально-черноземный государственный зап. им. проф. В.В. Алехина, Стрелецкий участок, питомник.

Ph. osteospora Sacc. На Rhamnus cathartica L. – Ворон. обл.: Семилукский р-он, Девицкий лес.– Курск. обл.: г. Курск, Всеросс. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии.

Ph. oxytropis Hollós. На Oxytropis pilosa (L.) DC. – Ворон. обл.: Таловский район, ин-т им. В.В. Докучаева, косимая залежь 1882 года; косимая залежь 1914 года.

Ph. paeoniae Sacc. & Speg. На Dahlia variabilis Desf. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ДТР».

Ph. phaseolina Sacc. На Phaseolus lunatus L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы. На Ph. multiflorus Willd. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы. На Ph. vulgaris L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы. На Vigna capensis (L.) Walp. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы. На V. sinensis Endl. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК».

Ph. prunicola Opiz. ex Sacc. На Prunus sp. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ.

Ph. ricini Rostr. На Ricinus communis L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, грядка № 10.

Ph. sojicola C. Massal. На Glycine hispida (Moench) Maxim. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посевы.

Ph. sorbi Westend. На Sorbus aucuparia L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Дендропарк ВГЛТА; Центральный парк КиО «Динамо».

Ph. tambowiensis Bubak & Serebrian. На Acer negundo L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Центральный парк КиО «Динамо».

Ph. tiliae Sacc. & Speg. На Tilia cordata Mill. – Ворон. обл.: Бобровский р-он, окр. с. В. Икорец, дубрава; г. Воронеж, Дендропарк ВГЛТА; Ботсад ВГУ; парк им. Дурова; парк «Технологический»; Центральный парк КиО «Динамо»; парк «Авиастроителей». На T. platyphyllos Scop. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Центральный парк КиО «Динамо».

Ph. tricoloris Sacc. На Viola odorata L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ДТР».

Ph. trifolii Richon. На Trifolium repens L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, «ОНЭК».

Ph. trifolii-montani Lobik. На Trifolium montanum L. – Ворон. обл.: Таловский р-н, ин-т им. В.В. Докучаева, косимый участок.

Ph. trifoliiseda Bubák & Picb. На Trifolium ambiguum Bieb. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ, посев в «ОНЭК».

Ph. trifoliorum Barbarine. На Trifolium repens L. – Ворон. обл.: Рамонский р-он, окр. ВНИИСС, лесополоса.

Ph. ulmaria Pass. На Ulmus laevis Pall. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ. На U. sp. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ.

Ph. ulmi Westend. На Ulmus pumila L. – Ворон. обл.: г. Воронеж, Ботсад ВГУ.

Список литературы

1. Мелькумов Г.М. Влияние экологических факторов на древесный компонент паркоценозов города Воронежа. Вестн. Воронежского гос. университета. Сер. География. Геоэкология. Воронеж, 2010; 2: 140-43.
2. Aa H.A. van der. Studies in Phyllosticta I. Studies in Mycology. 1973; 5: 1-110.
3. Kirk PM. Dictionary of the Fungi. Wallugford. 2008: 771 p.
4. Kirk P.M. Authors of Fungal Names. IMI, 1992: 95 p.

МИКОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ГЕРБАРИЯ ИНСТИТУТА БОТАНИКИ И ФИТОИНТРОДУКЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Нам Г.А., Есенгулова Б.Ж., Рахимова Е.В., Джетигенова У.К., Асылбек А.М., Жахан Н., Джунусканова Б.Е., Такиева Ж.М.

Институт ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК, Алма-Ата, Казахстан

Научные сборы грибов из различных групп были сделаны в Казахстане еще до революции ботаником И.Г. Борщовым (1858) и микологом Н.В. Сорокиным (1879) [1].

Значительные и регулярные пополнения начались с 1943 года, когда был образован отдел низших растений в ботаническом секторе Казахского филиала АН СССР под руководством С.Р. Шварцман [1–2].

В результате многочисленных экспедиций по всей территории Казахстана коллективом лаборатории была собрана огромная коллекция, насчитывающая 100000 образцов грибов и лишайников, относящихся более чем к 3500 видам грибов и 526 видам из 70 родов лишайников) [1–5]. Почти 50% всех видов, выявленных в Казахстане относятся к несовершенным (Deuteromycota) грибам, с господством пикнидиальных грибов [3].

Коллективом авторов 13 томного издания «Флоры споровых растений Казахстана» (С.Р. Шварцман, М.П. Васягина, З.М. Бызова, Н.Ф. Писарева, Н.М. Филимонова, Н.Т. Кажиева и др.) было описано более 300 видов грибов, 9 монотипных родов, новых для науки [5]. Большинство эндемичных видов (56%) относятся к сумчатым грибам, найденным в пустынной и пустынно-степной зонах Казахстана [3–5].

Гербарий грибов и лишайников представляет одну из богатейших коллекций в Центральной Азии, является составной частью Гербария Института и входит в состав главнейших гербариев мира и имеет международный индекс АА [2].

В Гербарном фонде лаборатории имеются дубликаты 225 образцов головневых грибов, переданные в дар лаборатории профессором K. Vanky из Гербария Тюбингенского университета, также находятся уникальный гербарий Г.С. Неводовского по шляпочным грибам.

В 80-е гг. С.М. Лапуховой были опубликованы материалы, посвященные количественному составу несовершенных (Deuteromycota) грибов в гербарии Института [6–8].

Затем работы по инвентаризации были приостановлены до 2008 г. В связи с выполнением тем «Пополнение, сохранение и характеристика гербарных фондов растений, грибов, лишайников» (2008–2010 гг.) и «Создание и сохранение гербарных коллекций редких видов (сосудистые растения, водоросли и грибы) как научной основы изучения особенностей ботанического разнообразия Казахстана» (2012–2014 гг.) в лабратории были возобновлены как микологические экспедиции по сбору микологического гербария, так и работы по сохранению и пополнению Гербарного фонда, которые предусматривали ревизию, санитарную обработку, чистку, замены устаревших пакетов и этикеток. Так за 2 года были обработаны 24154 гербарных образца грибов от пыли и насекомых, с заменой пакетов.

В 2012 г. в связи с пожарной опасностью помещений, где находился Гербарный фонд Института, все образцы (грибы, сосудистые растения, лишайники, палеоботанические образцы) были перевезены на территорию Ботанического сада. Соответственно, была проведена огромная работа по транспортировке, сортировке и раскладке гербарных образцов.

Около 10000 гербарных образцов было отбраковано из-за нарушения целостности и негодности при транспортировке (искрошились, заплесневели из-за вымокания при подтоплении горячей водой помещения, где временно находились гербарные папки с образцами грибов). Также во время ежегодной санитарной обработки идет отбраковка 1–2% образцов от общего числа, особенно агарикоидных грибов, из-за порчи насекомыми.

Образцы, определенные до 2012 года, расположены по системам, принятыми во «Флоре споровых растений Казахстана». Названия видов и внутривидовых таксонов идентифицированных грибов после 2012 г. приведены в соответствии с данными интернет-ресурсов Index Fungorum (www.indexfungorum.org) [9] и будут расположены согласно системе Айнсворта и Бисби [10], с внесением некоторых изменений.

По литературным данным 1982 г. [1, 2], в микологическом Гербарном фонде находилось 100000 экземпляров образцов, по данным 1984 г. [3] – 60000 экземпляров грибов, 2007 года [4] – 150000 экземпляров.

В 2013 г. была проведена полная ревизия микологического гербария гербарного фонда Института ботаники и фитоинтродукции для количественного учета. Ревизия выявила в нем наличие образцов из следующих систематических групп:

MYCOMYCOTA – 1402 образца.

BASIDIOMYCOTA - 26087 образцов:
Uredinales - 6914 образца;
Ustilaginales - 1234 образца;
Agaricales s.l. – 12286 образцов;
Aphyllophorales – 3751 образец;
Gasteromycetes* – 1902 образца;

ASCOMYCOTA – 5848 образца:
Discomycetes* - 1524 образца;
Erysiphales – 1667 образцов;
Pleosporales, Dotideales, Sphaeriales и др. – 2657 образцов;

DEUTEROMYCOTA (MITOSPORIC FUNGI) – 8479 образцов:
Moniliales - 3142 образца;
Sphaeropsidales - 5337 образцов;

LICHENES – 8560 образца.

*Gasteromycetes и Discomycetes – устаревшие систематические названия сборных групп, объединявших раньше несколько порядков, семейств.

Всего в настоящее время насчитывается 50376 гербарных образца микологического гербария (40414 гербарных образца грибов и 8560 образцов лишайников и 1402 миксомицетов). В лаборатории имеются также около 3000 образцов, собранных за последние 3 года, находящиеся в стадии доработки и не учтенные в гербарном фонде.

Среди них образцы 71 вида грибов, паразитирующих на 22 представителях сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Казахстана [11], 21 вид – на 16 редких растениях, 11 – на эндемичных видах, 4 – на реликтовом виде; 4 вида – новые для микобиоты Казахстана. Большая часть образцов, хранящихся в гербарии, собрана на территории Казахстана. Незначительная часть – из других государств (Российская федерация – Дальний восток, Барнаул; некоторые Европейские государства, Беларусь и т.д.)

Наличие в РГП «ИБФ» Гербарного фонда, собранного в течение 85 лет, и имеющего международный статус (AA), обязывает содержание его в определенных условиях для сохранения гербарных образцов, насчитывающих 250 тыс. гербарных единиц сосудистых растений и более 50 тыс. споровых растений. В ближайшее десятилетие предусматривается строительство нового здания гербария, с соответственно оборудованными помещениями и современными гербарными шкафами.

Список литературы

1. Институт ботаники. Алма-Ата: Наука. 1982: 18-9.
2. Институт ботаники. Алма-Ата: Наука. 1988: 21-4.
3. Васягина М.П. Итоги и перспективы изучения низших растений в Казахстана. Мат. VII конференции по споровым растениям Средней Азии и Казахстана. Алма-Ата, 1984: 17-9.
4. Ботаника және фитоинтродукция интитуты. Алматы. 2007: 43-9.
5. Флора споровых растений Казахстана. Алма-Ата: Наука. 1956. 1985; 1-13.
6. Лапухова С.М. Гербарий грибов Института ботаники АН Каз ССР. Несовершенные грибы (Fungi imperfecti) порядок меланкониевые (Melonconiales). Ботанические материалы Гербария Института ботаники. Алма-Ата, 1983: 85-6.
7. Лапухова С.М. Гербарий грибов Института ботаники АН Каз ССР. Несовершенные грибы (Fungi imperfecti) порядок сферопсидные (Sphaeropsidales). Мат. VII конференции по споровым растениям Средней Азии и Казахстана. Алма-Ата. 1984: 36-7.
8. Лапухова С.М. Гербарий грибов Института ботаники АН Каз ССР. Несовершенные грибы (Fungi imperfecti) порядок (Moniliales). Ботанические материалы Гербария Института ботаники. Алма-Ата. 1985. Вып.14: 85-7.
9. База данных Index Fungorum (http:.www.indexfungorum.org/names/names.asp).
10. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi (eds. Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpors JA). 9th ed. CABI, 2001: 655 p.
11. Красная книга Казахской ССР. Ч. 2. Алма-Ата: Наука. 1981: 262 с.

ГРИБЫ В НОВОМ ИЗДАНИИ КРАСНОЙ КНИГИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Русанов В.А.[1], Ребриев Ю.А.
[1]Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
[2]Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону

Первое издание Красной книги Ростовской области вышло в 2014 г. и содержало описание 20 видов лихенизированных и 44 вида собственно грибов, 43 из которых относились к Basidiomycota и лишь 1 вид (Morchella steppicola) – к Ascomycota (1).

Во 2-е издание Красной книги Ростовской области (2) занесено 273 вида растений и грибов, относящихся к 9 отделам, 13 классам, 69 порядкам и 99 семействам. В этом издании из списка исключены 18 видов базидиальных грибов:

КЛАСС БАЗИДИАЛЬНЫЕ – BASIDIOMYCETES
Agaricus amanitaeformis S. Wasser
Agaricus macrocarpus (Moell.) Moell.
Agaricus macrosporoides Bohus
Agaricus pseudopratensis (Bohus) S. Wasser
Agaricus urinascens (Jul. Schäff. & F.H. Møller) Singer var. urinascens
Amanita codinae (R. Maire) Sing.
Bovista dakotensis (Brenckle) Kreisel
Bovista longispora Kreisel
Bovista pusilliformis (Kreisel) Kreisel
Cortinarius pseudoprivignus R. Henry
Floccularia luteovirens f. luteovirens (Alb. & Schwein.) Pouzar
Gyroporus castaneus (Bull.: Fr.) Quel.
Hohenbuehelia grisea (Peck) Singer
Leucoagaricus cinerascens (Quel.) Mos.
Leucopaxillus rhodoleucus (Romell) Kühner
Lycoperdon marginatum Vittad.
Pluteus nanus P. D.Orton.
Sphaerobolus stellatus Tode: Pers.

Основными причинами исключения таксонов являлись а) установленная в ходе мониторинга достаточно высокая численность вида на территории области и/или произрастание в неугрожаемых местообитаниях (например Agaricus macrosporoides, Gyroporus castaneus, Leucoagaricus cinerascens, Lycoperdon marginatum, Sphaerobolus stellatus); б) напротив, отсутствие достоверных находок за последнее время (Agaricus macrocarpus, Amanita codinae, Cortinarius pseudoprivignus, Floccularia luteovirens, Pluteus griseopus) либо уничтожение известных популяций в ходе антропогенного вмешательства (Agaricus amanitaeformis); в) изменение таксономического статуса, т.е. сведение в синонимы достаточно обычных на территории Ростовской области видов (Agaricus macrosporus, Bovista dakotensis, Bovista pusilliformis).

Новыми, по сравнению с первым изданием «Красной книги Ростовской области», являются 11 видов грибов (не считая дополнительно 3 вида лихенизированных). Итоговый список содержит 37 видов макромицетов (табл. 1). В действующую Красную книгу Российской Федерации (3) из числа произрастающих на территории Ростовской области занесены 4 вида грибов. Таким образом, 11% грибов, подлежащих правовой охране на территории области, имеют федеральный статус.

При оценке редкости видов, включённых в Красную книгу Ростовской области, за основу взята шкала категорий статуса редкости, принятая в Красной книге РФ.

Таблица 1. Виды макромицетов, включенные в Красную книгу Ростовской области (2014)

№ №	Таксон	Категория редкости
КЛАСС ПЕЦИЦЕВЫЕ – PEZIZOMYCETES Порядок Пецицевые – Pezizales Семейство Сморчковые – Morchellaceae		
1.	Сморчок степной – Morchella steppicola Zerova	2
Семейство Пецицевые – Pezizaceae		
2.	*Саркосфера венечная – Sarcosphaera coronaria (Jacq.) J. Schröt.	3
ОТДЕЛ БАЗИДИАЛЬНЫЕ ГРИБЫ – BASIDIOMYCOTA		
КЛАСС АГАРИКОМИЦЕТЫ – AGARICOMYCETES		
Порядок Агариковые – Agaricales		
Семейство Шампиньоновые – Agaricaceae		
3.	Шампиньон бернардовидный – Agaricus bernardiiformis Bohus	2
4.	Шампиньон прибрежный – Agaricus litoralis (Wakef. & A. Pearson) Pilat	33
5.	Шампиньон глинисто-жёлтый – Agaricus lutosus (F.H. Møller) F.H. Møller	3
6.	Шампиньон хлопьеножковый – Agaricus moellerianus Bon.	3
7.	Шампиньон превосходный – Agaricus urinascens var. excellens (F.H. Møller) Nauta	3

8.	Баттарея весёлковидная – Battarrea phalloides (Dicks.) Pers.	3
9.	Гриб-зонтик Оливье – Chlorophyllum olivieri (Barla) Vellinga	3
10.	Флоккулярия Рикена – Floccularia rickenii (Bohus) Wasser ex Bon	3
11.	Белошампиньон длиннокорневой – Leucoagaricus barssii (Zeller) Vellinga	3
12.	Белошампиньон Мозера – Leucoagaricus moseri (Wasser) Wasser	3
13.	Белошампиньон Пилата – Leucoagaricus pilatianus (Demoulin) Bon & Boiffard	3
14.	*Белошампиньон полуприбрежный – Leucoagaricus sublittoralis (Kühner ex Hora) Singer	3
15.	Белошампиньон Виханского – Leucoagaricus wichanskyi (Pilat) Bon & Boiffard	3
16.	*Белонавозник Бэдема – Leucocoprinus badhamii (Berk. & Broome) Locq.	3
17.	Монтанея песчаная – Montagnea arenaria (DC.) Zeller	3
18.	Тулостома Котлаба – Tulostoma kotlabae Pouzar	3
19.	*Тулостома хорошенькая – Tulostoma pulchellum Sacc.	3
Семейство Мухоморовые – Amanitaceae		
20.	*Мухомор ежеголовый – Amanita echinocephala (Vittad.) Quel.	3
21.	*Мухомор Виттадини – Amanita vittadinii (Moretti) Sacc.	3 (3)
Семейство Энтоломовые – Entolomataceae		
22.	Энтолома сизо-белая – Entoloma lividoalbum (Kühner & Romagn.) Kubička	2
Семейство Вешенковые – Pleurotaceae		
23.	Гоенбугелия лепестковидная – Hohenbuehelia petaloides (Bull.) Schulzer	3
Семейство Феллориниевые – Phelloriniaceae		
24.	Феллориния геркулесовая – Phellorinia herculeana (Pers.) Kreisel	1
Семейство Рядовковые – Tricholomataceae		
25.	*Лейкопаксиллус лепистовидный – Leucopaxillus lepistoides (Maire) Singer	3(3)
Порядок Болетовые – Boletales		
Семейство Болетовые – Boletaceae		
26.	Подосиновик серый – Leccinum duriusculum (Schulzer ex Kalchbr.) Singer	3
Семейство Гастроспоровые – Gastrosporiaceae		
27.	*Гастроспориум простой – Gastrosporium simplex Mattir.	3
Семейство Меланогастровые – Melanogastraceae		
28.	Меланогастер пёстрый – Melanogaster variegatus (Vittad.) Tul. & C. Tul.	3
Семейство Ложнодождевиковые – Sclerodermataceae		
29.	Пизолитус бескорневой – Pisolithus arhizus (Scop.) Rauschert	3
Порядок Звездовиковые – Geastrales		
Семейство Звездовиковые – Geastraceae		
30.	Звездовик венчиковидный – Geastrum corollinum (Batsch) Hollós	3
31.	*Звездовик сводчатый – Geastrum fornicatum (Huds.) Hook.	3 (3)
32.	Звездовик ложно-полосатый – Geastrum pseudostriatum Hollós	3
33.	Звездовик мешковидный – Geastrum saccatum Fr.	2
34.	Мириостома дырчатая – Myriostoma coliforme (Dicks.) Corda	3
Порядок Весёлковые – Phallales		
Семейство Весёлковые – Phallaceae		
35.	Мутинус собачий – Mutinus caninus (Huds.) Fr.	2
Порядок Полипоровые – Polyporales		
Семейство Ганодермовые – Ganodermataceae		
36	*Трутовик лакированный – Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst.	3 (3)
Семейство Полипоровые – Polyporaceae		
37.	*Трутовик корнелюбивый – Polyporus rhizophilus (Pat.) Sacc.	3

Примечания: Жирным шрифтом выделены виды, включенные в Красную книгу Российской Федерации (2008); Звездочкой (*) – не входившие в Красную книгу Ростовской области (2004).

Список литературы

1. Красная книга Ростовской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений. Ростов-на-Дону: Изд-во «Малыш», 2004: 333 с.
2. Красная книга Ростовской области: в 2 т. 2-е. изд. Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области. Т.2. Растения и грибы. Под науч. ред. В.В. Федяевой. 2014: 344 с.
3. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008: 855 с.

МИКОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ В ГЕРБАРИИ ИБПС ДВО РАН (MAG)

Сазанова Н.А.

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан

Гербарий никогда не потеряет своей актуальности. Гербарные фонды никогда не устаревают, а, напротив, их ценность при правильном хранении со временем только возрастает [1, 2].

Микологическая коллекция является частью Гербария Института биологических проблем Севера ДВО РАН. Гербарию института более 40 лет, он основан А.П. Хохряковым, который не только дал начало коллекции сосудистых растений, но и собрал значительный материал. В настоящее время гербарная коллекция растений насчитывает около 100000 образцов. Начинает создаваться коллекция лишайников, в которой уже более 2500 образцов; имеется коллекция семян – 1500 образцов. С 1983 г. начала создаваться коллекция макроскопических грибов. На данный момент гербарий грибов насчитывает более 10000 образцов. Гербарий ИБПС является третьим на Дальнем Востоке по количеству видов. В 1997 г. ему присвоен международный индекс MAG.

Микологическая коллекция ежегодно пополняется новыми образцами и новыми видами. В гербарии присутствуют сборы практически из всех районов Магаданской области, а также Чукотского автономного округа (окрестности пос. Марково, бассейнов рек Анадырь и Майн). В небольшом количестве имеются сборы грибов с полуострова Камчатка, Командорских островов, Приморского края, из республики Саха (Якутия) и центральных районов России. Значительную часть коллекции представляют образцы, собранные в южной части Магаданской области (окрестности г. Магадана, Ольский район). Карта и координаты основных точек сборов грибов опубликованы ранее (Беркутенко и др., 2007). В последнее время гербарий пополнился сборами из континентальной части (верховья р. Колыма) и с островов северной части Охотского моря (острова Завьялова и Спафарьева). Особое место в коллекции отводится сборам макромицетов с заповедных территорий. Заповедник «Магаданский» объединяет четыре разрозненных труднодоступных участка, каждый из которых по праву мог бы иметь статус отдельного заповедника.

Основной фонд коллекции составляют агарикоидные и афиллофороидные базидиомицеты Магаданской области, а также гетеробазидиальные, гастеромицеты и сумчатые грибы с крупными аскомами. Наибольшее количество видов, а, следовательно, и образцов, относится к порядкам Agaricales, Cortinariales, Poriales, Boletales и Russulales. Небольшая часть гербария представлена грибоподобными организмами (Mухomycota), микроскопическими грибами из порядков Rhytismatales (Ascomycota), Exobasidiales, Ustilaginales, Uredinales (Basidiomycota), а также анаморфными грибами (Deuteromycota).

Образцы разложены в гербарные коробки по родам и сгруппированы по порядкам. Внутри порядка роды расположены по алфавиту (рис. 1).

Рисунок 1. Хранение грибных образцов в гербарии ИБПС ДВО РАН

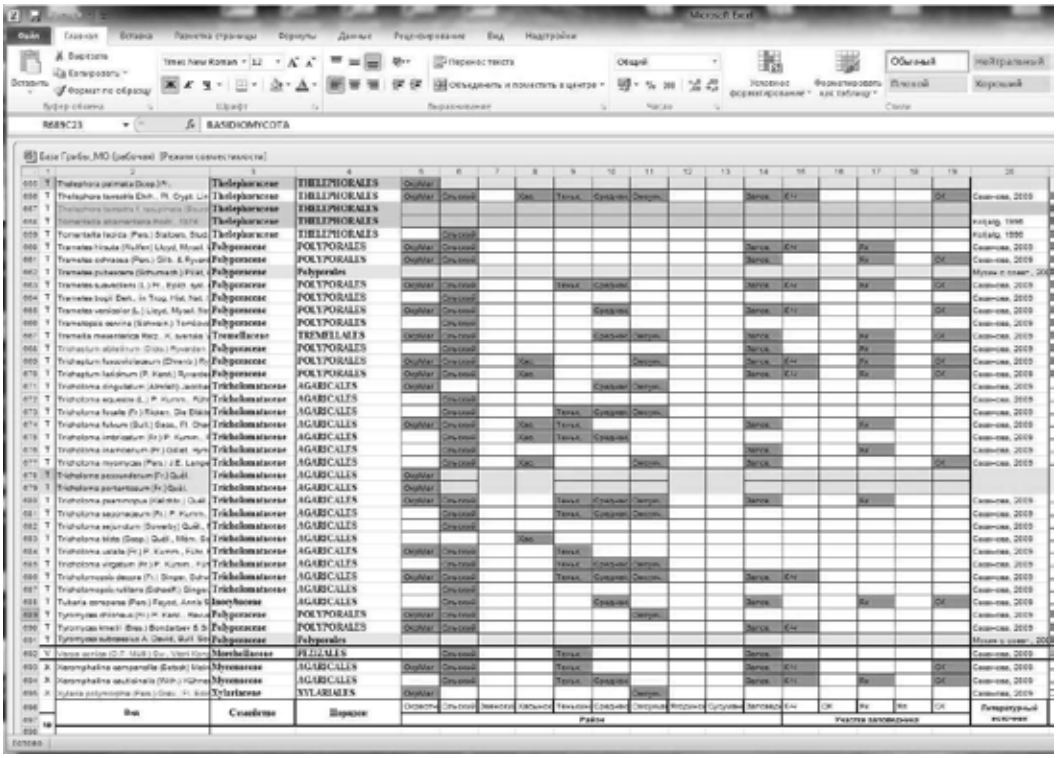


Рисунок 2. База данных по макромицетам Магаданской области

Некоторые образцы хранятся в жидких фиксаторах. Каждому хранящемуся образцу присвоен индивидуальный номер. Перед раскладкой на хранение образцы проходят обеззараживание в морозильной камере. По мере необходимости проводится профилактическое промораживание. Некоторая часть образцов передана в Гербарии БПИ ДВО РАН (Владивосток, VLA), БИН РАН (Санкт-Петербург, LE), ИЭРиЖ (Екатеринбург).

Большая часть образцов пронумерована и внесена в электронный каталог в текстовом формате. Для каждого образца полностью цитируется этикетка, где указывается латинское и русское название вида, при необходимости – синонимы, административный район области, растительное сообщество и питающий субстрат, встречаемость, дата сбора и коллектор.

В программе Microsoft Excel в алфавитном порядке составлен список видов макроскопических грибов Магаданской области. Он включает 692 вида, среди которых 53 вида относится к сумчатым грибам и 639 видов - к базидиальным (рис. 2). В каждой графе можно сделать выборку по занесенным в нее параметрам. Места сборов ранжированы по административным районам области. Отдельные поля в таблице отводятся заповедным территориям по участкам. Цветом выделены редкие и новые виды, приводится ссылка на литературный источник, указывается положение в классификационной схеме.

Гербарные фонды – это достояние любого института, ценность которого с годами возрастает. Необходимо создавать такие условия, чтобы качество фондов обеспечивало надежную сохранность, способствовало расширению коллекций, имело возможности приобретения современного оборудования, а информационное сопровождение образцов в современных базах данных было доступно для пользователей. Содержание не только центральных, но и региональных Гербариев как фундаментальной базы изучения видового разнообразия заслуживает достойной финансовой поддержки.

Список литературы

1. Гербарное дело: справочное руководство. Русское издание. Под ред. Д.В. Гельтмана. Кью: Королевский бот. сад. 1995: 341 с.
2. Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. М.: Наука. 1977: 199 с.
3. Беркутенко А.Н., Полежаев А.Н, Хорева М.Г. и др. Ботанические коллекции и базы данных, карты и информационные системы по растительности. Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2007; 2: 25-36.

О КРИТЕРИЯХ ОТБОРА ВИДОВ ГРИБОВ ДЛЯ КРАСНОЙ КНИГИ РОССИИ

Светашева Т.Ю.
Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула

Красная книга Российской Федерации (далее КК РФ) – один из главных официальных природоохранных документов, который является не только научной базой для стратегии по сохранению биоразнообразия, но и важнейшим аргументом защиты живых организмов, находящихся под угрозой исчезновения в масштабе России.

Для оценки состояния видов в России разработана шкала категорий статусов от 0 до 5 (Красная…, 2008, см. табл. 1) и следующие условия отбора:

«А) виды, нуждающиеся в специальных мерах охраны:

- виды, находящиеся под угрозой исчезновения;
- уязвимые, эндемичные и редкие виды, охрана которых важна для сохранения биоразнообразия различных природно-климатических зон;
- виды, имеющие реальную или потенциальную хозяйственную ценность, и при существующих темпах эксплуатации поставленные на грань исчезновения;
- виды, не требующие в настоящее время срочных мер охраны, но нуждающиеся в контроле состояния в силу их уязвимости;

Б) виды, подпадающие под действие международных соглашений и конвенций;

В) виды, занесенные в Международную Красную книгу»

В соответствии с положениями Б) и В) в КК РФ могут быть внесены виды Красной книги МСОП (IUCN), которая в настоящее время активно используется не только как обоснование для охраны видов, но и как инструмент для определения статуса уязвимости. Однако шкала категорий, а также критерии отбора видов МСОП только частично совпадают с таковыми КК РФ, прежде всего потому, что в последних отсутствуют количественные показатели. В связи с этим возникает немало несоответствий и недоразумений при определении природоохранного статуса вида и приведении его к международным стандартам. Среди категорий МСОП наиболее значимыми являются: CR - находящиеся в критическом состоянии, EN - находящиеся в опасном состоянии, VU – уязвимые, NT - находящиеся в состоянии близком к угрожаемому, DD - недостаток данных. Отнесение к той или иной категории МСОП требует тщательного оценивания по соответствующим критериям, но в ряде случаев разное понимание объема категорий приводит к субъективной оценке, а также к разноголосице в соотнесении статусов российских КК и МСОП (табл. 1).

Категория по КК РФ / Регион. КК	0 исчезнувшие	1 на грани исчезновения	2 сокращающиеся в численности	3 редкие	4 неопределенные по статусу	5 восстанавливающиеся
Адыгея, 2012	Re	(исчезающие в дикой природе) CR, EN	(уязвимые) VU	NT	(недостаточно изученные) DD	(специально контролируемые) LC, NT
Санкт-Петербург, 2004	Re	CR	EN	NT, VU, LC	DD, NE	-
Татарстан, 2006	Ex	CR	EN	VU	DD	-

Неоднозначность трактовки часто усугубляется, когда речь заходит об оценке видов грибов. Это можно объяснить тем, что многие критерии МСОП сложно применить к «невидимым» организмам, вегетативное тело которых скрыто в субстрате, вследствие чего учет ведется, в основном, по эфемерным и спорадически появляющимся плодовым телам. Однако «Определяющим обстоятельством является соответствие состоянию таксона хотя бы одного критерия и не важно, что остальные критерии могут не соответствовать ему или вообще быть неподходящими для такой оценки» (Красная книга МСОП, 2001), т.е. система может вполне эффективно работать и в отношении грибов.

Категории и критерии Красного списка МСОП были исходно созданы для оценки таксонов на глобальном уровне, и в этой связи они достаточно хорошо подходят для отбора видов в масштабе России как самой большой страны мира. Международное общество по охране грибов (International Society for Fungal Conservation) в 2013 г. выдвинуло инициативу создания Глобального красного списка грибов (The Global Fungal Red List Initiative, 2015). Проект предполагает в течение ближайших нескольких лет подвергнуть тщательной оценке как минимум 300 видов грибов, далее выбрать из них реально нуждающиеся в охране на мировом уровне и внести в список МСОП. «Рулевые»

данного проекта – Greg Mueller и Anders Dahlberg, на основании длительного опыта работы по определению природоохранного статуса видов грибов отобрали несколько критериев, позволяющие виду «получить право» быть внесенным в Global Fungal Red List (http:.iucn.ekoo.se/iucn/about/).

При переложении этих позиций на масштаб России, эти критерии могут звучать так:

1. популяция вида (и/или число известных местообитаний) сократилась не менее чем на 15 % в течение предыдущих 10-50 лет* (A - критерий);

2. вид имеет ограниченное распространение в пределах России (т.е. известен в одном – немногих регионах), и отмечено его сокращение (B- критерий);

3. популяция вида очень мала в масштабе России и сокращается (C- критерий);

4. популяция вида очень мала (< 200 воспроизводящихся индивидуумов) и приурочена к уникальным для России и малочисленным местообитаниям (< 5). Таким образом, любое нарушение или уничтожение местообитания может привести к резкому сокращению численности вида или его уничтожению (D –критерий).

*При рассмотрении критериев должна рассматриваться общая популяция вида с учетом как известных, так и предполагаемых местообитаний. Сведения об уменьшении популяции могут соотноситься не только непосредственно с уменьшением числа индивидуумов, но и косвенно с сокращением числа/площади/качества подходящих местообитаний.

Применение данных критериев ограничивает статус вида на уровне не ниже NT (находящийся в состоянии, близком к угрожаемому), т.е. NT, VU, EN, CR. Дальнейшая градация должна осуществляться в соответствии с более дробными показателями (подкритериями) и возможном их объединении с критериями КК РФ. Несмотря на отсутствие количественных показателей в КК РФ, представляется логичным следующий вариант объединения: категория 0 (КК РФ) – EX (МСОП), 1 – CR (поскольку речь идет о крайне резком, вероятно более 80% сокращении численности, площади ареала, числа локалитетов); категория 2 – EN (сильное, более 50%, сокращение показателей); категория 3 может сопоставляться с VU или NT в зависимости от специфики подкатегорий, например, с VU – для узкоареальных эндемиков и стенотопных видов, приуроченных к уникальным и/или малочисленным местообитаниям, с NT – для видов, имеющих значительный ареал, но находящихся на его границе, либо имеющих низкую численность и редко воспроизводящихся. В ряде случаев уязвимые эндемичные и стенотопные виды (VU) можно отнести к 2 категории, если отмечено даже незначительное (но очевидное!) сокращение числа популяций, локалитетов и/или снижение их качества.

Важно отметить, что беря за основу виды, отобранные на региональном уровне, нужно помнить, что таксоны, оцененные в регионе как находящиеся в критическом состоянии (1, или CR), например, по критерию резкого сокращения единственной краеареальной популяции, на уровне страны могут иметь благополучный статус (LC), т.к. представлены большим числом локалитетов на основной площади ареала.

В рекомендациях по предложению видов грибов в Глобальный Красный список указано, что также могут предлагаться редкие, но менее известные виды (DD, недостаток данных). Однако без сомнения, в настоящее время таких видов грибов, о которых мы мало знаем – большинство, и их выдвижение достаточно трудно обосновать на высшем уровне, в то время как цель проекта – представить доказательства угрозы исчезновения определенных видов грибов и показать, что современный уровень знаний позволяет разработать необходимые меры охраны и предотвратить вымирание видов. Вполне очевидно, что эта рекомендация актуальна и на российском уровне. Поэтому в КК РФ стоит выдвигать преимущественно хорошо известные виды, а в категорию DD желательно выбирать виды с отчетливо выраженными признаками, позволяющими в дальнейшем провести эффективный мониторинг и определить реальный природоохранный статус.

Известно, что грибы очень разнообразны по особенностям биологии, экологическим и трофическим предпочтениям. Среди них имеются как быстро растущие и осваивающие субстрат виды, приступающие к размножению в течение коротких сроков, и соответственно потенциально способные легко восстанавливаться после каких-либо нарушений; так и медленно растущие виды, воспроизводящиеся через большие периоды времени, требовательные к узкому градиенту условий среды и поэтому трудно переживающие любые ее изменения. Кроме того, имеются данные о значительных различиях в размерах особей и популяций грибов (Dahlberg, Mueller, 2010, Светашева, 2008). На основании всех этих сведений и с учетом опыта оценки статуса по критериям МСОП (Переведенцева, Переведенцев, 2008), можно выделить группы грибов, которым стоит оказать предпочтение при отборе видов в КК РФ при условии соответствия указанным выше критериям (сокращение численности и локалитетов, уязвимость, ограниченный ареал, уникальные местообитания и т.д.):

- микоризообразователи в среднем характеризуются относительно длительным периодом развития (~ 3 поколения/ > 50 лет). Из них предпочтительно выбирать виды с узким кругом симбионтов (1-2) и не образующие обильных плодоношений (колец, рядов и пр.);
- подстилочные сапротрофы (~3/20-50): приуроченные к хорошо развитой, структурированной подстилке, содержащей компоненты узкого круга древесных пород;
- ксилотрофы (~3/20-50): приуроченные к крупномерному валежу узкого круга древесных пород (1-2), индицирующие старовозрастные естественные леса;
- сапротрофы на гумусе (~3/20-50): узко приуроченные к почвам определенного химического (кроме нитрофилов) или механического состава – кальцефилы, ацидофилы, псаммофилы и т.д.;

- бриотрофы, герботрофы, сапротрофы на коре живых деревьев: прежде всего виды, индицирующие уникальные местообитания (например, ненарушенные болота или травянистые сообщества редкой типологии, старовозрастные естественные сообщества).

Виды грибов, которые не стоит рекомендовать:

1. Крайне малоизвестные виды с неясной биологией и экологией, а также виды с неоднозначным таксономическим статусом;
2. Виды, способные существовать и воспроизводиться в местообитаниях, подверженных антропогенной нагрузке;
3. Виды с широкими экологическими нишами, широким кругом субстратов и симбионтов;
4. Виды, обитающие на помете и кострищах;
5. Виды, ассоциированные с растениями-интродуцентами;
6. Виды, определение которых требует подтверждения молекулярными, культуральными, биохимическими методами.

Список литературы

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). Мин-во природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова; Гл. редколл.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. М.: КМК. 2008: 855 с.
2. Красная книга МСОП (версия 3.1., 2001) [Электронный ресурс] Режим доступа http:.www.redbook.ru/msop3.htm.
3. The Global Fungal Red List Initiative. [Электронный ресурс] Режим доступа http:.iucn.ekoo.se/iucn/about/, свободный. Дата обращения: 15.02.2015
4. Dahlberg A., Mueller G.M. 2011. Applying IUCN Red Listing Criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. Fungal Ecology 4: 147-62.
5. Переведенцева Л.Г., Переведенцев В.М. Использование категорий и критериев МСОП при создании Красной книги Пермского края. Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Мат. всероссийской конф. 22–27 сентября 2008 г. Петрозаводск. – Петрозаводск, 2008. Ч. 2: 141-43.
6. Светашева Т.Ю. Охрана грибов: особи, популяции, территории. Высшие базидиальные грибы: индивидуумы, популяции, сообщества. В сб.: Мат. юб. конф., посв. 100-летию со дня рождения М.В. Горленко. М.: Изд-во "Восток – Запад". 2008: 149-56.

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ «ГЕРБАРИЙ ЛИШАЙНИКОВ ИЭБ НАН Б»

Яцына А.П.

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАНБ, Минск

Гербарий лишайников Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича (MSK-L) – самый крупный в Беларуси и насчитывает около 35 тыс. образцов. Основу его составляют коллекция лишайников из Беларуси – около 25 тыс. образцов. В гербарии представлены многочисленные образцы из России, которые в 1934 г. привез в г. Минск создатель лихенологического гербария – известный ученый М.П. Томин. Мировой гербарий, сформированный М.П. Томиным, в настоящее время содержит около 10 тыс. гербарных образцов из следующих стран: Европа (Германия, Польша, Финляндия, Франция, Италия и др.), Гренландия, Северная Америка (Канада, США, Мексика), Азия (Таджикистан, Узбекистан, Монголия, Япония), а в настоящее время дополнен образцами лишайников из Африки и Антарктиды.

Для облегчения обработки гербарного материала создана База данных. БД создана с помощью программы СУБД Access 2003, которая разрабатывалась и создавалась автором самостоятельно. В окне БД в вкладке Таблицы с помощью конструктора создавались таблицы, каждой таблице присвоено имя. Всего создано 11 таблиц: «Биотоп», «Вид», «Акроним гербария», «Коллектор», «Субстрат», «Номер», «Область», «Определил», «Район», «Список лишайников» и «Страна». Каждая простая таблица заполняется самостоятельно, затем таблицы сводятся в одну итоговую таблицу «Список лишайников». Таким образом, автор может использовать готовые записи и с помощью подстановки заполнять основную таблицу «Список лишайников».

Таблица «Биотоп» – место произрастания лишайника, в нее внесено 49 строк. Лишайники встречаются в различных биотопах, поэтому выявить распространение и приуроченность лишайников к биотопам является актуальной задачей. Следует подчеркнуть, что все таблицы в дальнейшем неизбежно будут дополняться различной информацией. Таблица «Вид» включает 792 вида лишайников, которые встречаются как на территории Беларуси, так и за ее пределами. Название таксономических единиц приведено согласно последним таксономическим обработкам. Таблица «Гербарий» включает акроним гербария (каждому гербарию согласно международной номенклатуре соответствует свой акроним, так акроним Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Б – (MSK). Таблица «Коллектор» содержит фамилии сборщиков лишайников, в нее введено 188 фамилий (Coll. Culberson W.L., Coll. Karnefelt I., Coll. Рассадина К.А. и т.д.). Таблица «Субстрат» включает породы деревьев (на латинском языке) или другой субстрат, на

котором был отмечен лишайник. Таблица «Номер» содержит номер, соответствующий каждому образцу лишайнику (введен счетчик). Это необходимо при цитировании гербарного образца в статьях и монографиях. Исследователь может указывать номер пакета, в котором хранится данный лишайник. Таблица «Область» содержит административные области Беларуси и других стран (воеводство, штат, провинция и т.д.). Лишайники представлены из 110 административных единиц (California, Manitoba, Воронежская область, Минская область и т.д.). Таблица «Определил» включает фамилии тех, кто определил вид лишайника, всего приведено 116 фамилий. Таблица «Район» включает 221 административных районов, округов, горсоветов, муниципалитетов и т.д. Таблица «Страна» включает страны, из которых приводятся лишайники (Беларусь, Россия, USA и т.д.), всего приводится 40 стран. С помощью мастера подстановок можно выполнить процедуру выбора значений из списка, содержащего набор фиксированных значений. В данной БД таблица «Список лишайников» создавалась следующим образом: создается новая таблица, в имя поля вводится название всех набранных таблиц, в типе данных указываются необходимые типы. В свойствах поля указывается источник, из которого автор будет подставлять значение. Далее необходимо в свойстве поля указать: тип элемента управления – поле со списком, тип источника строк – таблица или запрос, источник строк. Таким образом, заполняется главная таблица.

Формы создавались на основании данных из таблицы «Список лишайников». В БД используются две формы: диаграммная и составная. Создано 5 форм: «Дата сбора лишайников», «Количество образцов по странам», «Количество образцов по областям», «Количество сборов различными коллекторами» и «Список лишайников». Форма «Дата сбора лишайников» показывает, сколько гербарных пакетов было собрано за определенное время, в данном случае это год (рис. 1).

На данный момент самый старый образец лишайников в гербарии по лишайникам датируется 1901 г.,

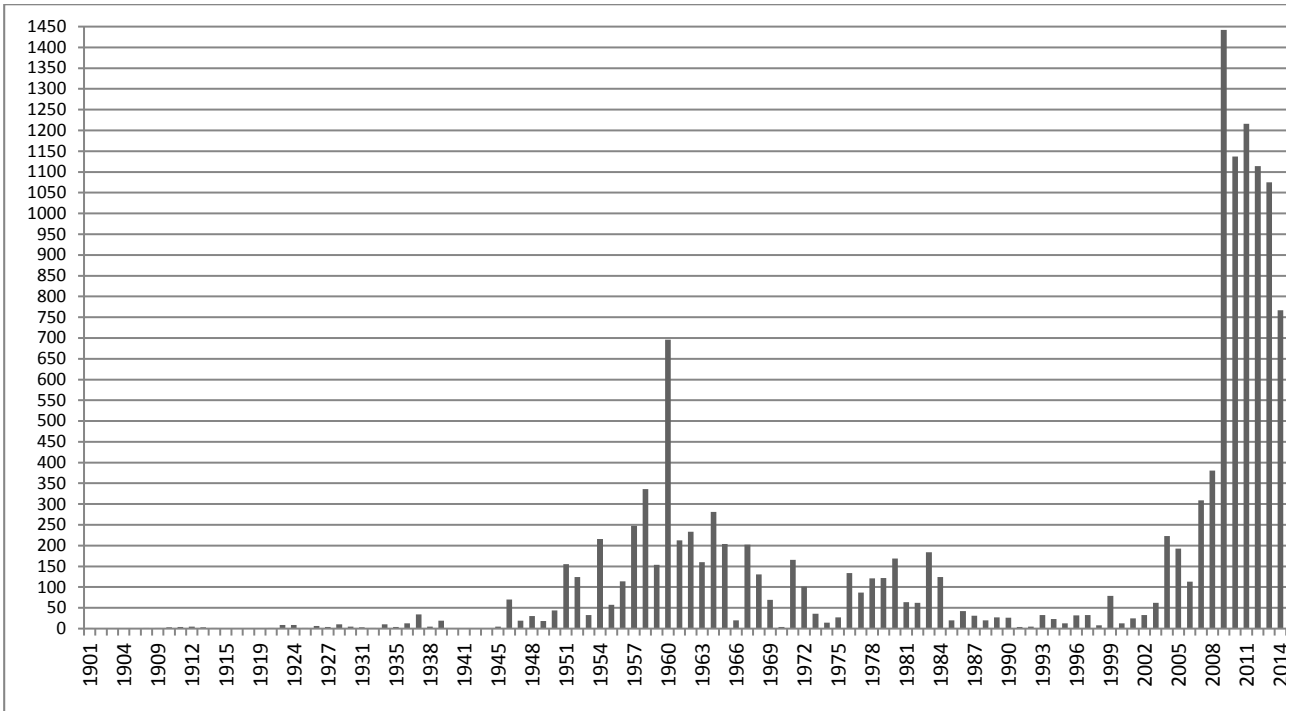


Рисунок 1. Количество гербарных образцов, собранных за определенный период

коллектором S.C. Stuntz & C.E. Allen. – Ramalina farinacea (L.) Ach.

Форма «Количество образцов по странам» показывает количество образцов, представленных из различных стран. Более 50 гербарных образцов представлены из следующих стран: Беларусь – 12775 образцов, Антарктида – 396, Украина – 212, Россия – 146, USA – 98, Финляндия – 62, Эстония – 52, Узбекистан – 51.

Форма «Количество образцов по областям» указывает количество образцов лишайников в областях, штатах, провинциях т.д. Более 20 образцов известны из следующих административных районов: Минская область – 5226 образцов, Витебская область – 2887, Брестская область – 1526, Гомельская область – 1149, Могилевская область – 1013, Гродненская область – 940, Восточная Антарктида – 337, Закарпатская область – 101, California – 58, Южные Шетландские острова – 46, Приморский край – 31, Alabama – 28.

Форма «Количество сборов различными коллекторами» показывает количество образцов, собранных различными сборщиками. Более 30 образцов собрали следующие коллекторы: Яцына А.П. – 6985 образцов, Горбач Н.В. – 3042, Голубков В.В. – 1002, Кобзарь Н.Н. – 398, Бородин О.И. – 273, Гесь Д.К. – 197, Джус М.А.

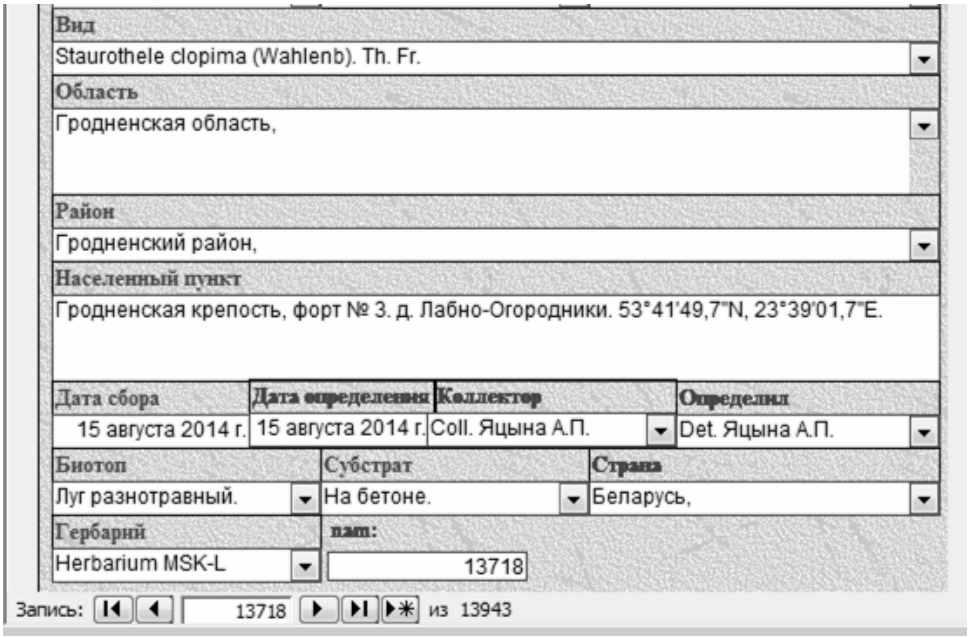


Рисунок 2. Внешний вид формы «Список лишайников»

– 95, Цеттерман Н.О. – 78, Мержвинский Л.М. – 76, Юрченко Е.О. – 75, Шафеев Н.Г. – 60, Гигиняк Ю.Г. – 59, Гайдашев А.А. – 51, Томин М.П. – 47, Вынаев Г.В. – 44, Третьяков Д.И. – 43, Kerry Knudsen – 38, Heinrich Aasamaa – 37, Белый П.Н. – 34, Турчин Л.М. – 33.

Форма «Список лишайников» предназначена для заполнения локалитета образца. Именно в данной форме происходит заполнение БД, в эту формув настоящее время введено 13943 записей (рис. 2).

Данная форма представлена 16 элементами, из которых населенный пункт, дата сбора и дата определения набираются вручную, а все остальные элементы заполняются с помощью подстановки.

Отчет «Этикетки» создавали в режиме конструктора. В этикетках указываются из таблицы «Список лишайников» следующие данные: номер, вид, страна, область, район, населенный пункт, биотоп, название хозяина, коллектор, дата сбора, определил, дата определения. С помощью конструктора подгонялся размер этикетки для того, чтобы наклеивать их на гербарный конверт, в котором хранятся лишайники. В этикетке введен прямоугольник (note): для заметок специалиста. После этикетки распечатываются по 10 штук, в два столбца на бумаге и наклеиваются на конверты. Если на конверте имеется этикетка первого автора, то новая распечатанная этикетка вкладывается в конверт, в котором хранится лишайник. После того, как этикетки распечатаны, они наклеиваются на конверты.

Разработанная автором БД с внесенной в нее информацией используется при работе над темами и проектами «Лишайники Беларуси» и сопредельных стран.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, грант № Б14М-027.

ХРАНЕНИЕ УРЕДОСПОР *PUCCINIA TRITICINA* ERIKS. В УСЛОВИЯХ КРИОКОНСЕРВАЦИИ

Жемчужина Н.С., Жемчужина А.И., Киселева М.И., Дубовой В.П.
ВНИИ фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область

В настоящее время в коллекции находится около 1000 патотипов *Puccinia triticina* Eriks. из популяций гриба всех регионов возделывания пшеницы в России, а также стран, бывших республик СССР: Белоруссии, Украины, Молдавии, Армении, Грузии, Киргизии, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана.

Основной целью коллекции является сохранение уникальных свойств патотипов *Puccinia triticin*а, их жизнеспособности и генетической стабильности в течение длительного времени.

Широко распространенным методом является хранение гриба в виде уредоспор изолятов в пробирках в бытовом холодильнике при температурах около +4 ˚С. Хранение свежего спорового материала при этих температурах оправдано в текущей повседневной работе с возбудителем бурой ржавчины, которая состоит из

непрерывного последовательного цикла, требующего постоянного поддержания гриба в жизнеспособном состоянии. Она заключается в выделении монопустульных клонов из природной популяции гриба, репродукции уредоспор монопустульного изолята, дифференциации на моногенных линиях пшеницы по фенотипам и расовому составу, каталогизации патотипов по географическому происхождению, агрессивности и вирулентности и т.п.

В последние годы широкое распространение получил метод низкотемпературного хранения живых биологических объектов с возможностью восстановления их биологических функций после размораживания. Для многих микологических объектов криоконсервация осуществляется при температуре –80 °С в низкотемпературных лабораторных морозильных камерах. Использование низких температур обеспечивает приостановку биохимических процессов в клетках, в том числе прекращается обмен веществ и взаимодействие с внешней средой, благодаря чему живые объекты могут сохраняться длительное время. Исследования, посвященные способам длительного поддержания патотипов гриба в жизнеспособном состоянии с сохранением признаков вирулентности исходных культур *P. triticina*, являются актуальными.

Материалом исследований служили 118 патотипов *P. triticina*, полученных в 2005–2011 гг. из популяций гриба Центрального, Центрально-Черноземного, Западно-Сибирского, Северо-Кавказского регионов РФ. Для хранения использовали уредоспоры каждого из патотипов бурой ржавчины в количестве 4–5 мг, предварительно размноженные на восприимчивом сорте. Сроки и способы хранения патотипов были лимитированы разными условиями поставленных задач. В бытовом холодильнике споры изолятов гриба хранили при температуре +4 °С 2, 6, 8, 9 и 10 мес, в морозильной камере REVCO при температуре –80 °С – 3, 4, 5 и 6 лет. После воздействия ультранизких температур на патотипы гриба, хранящихся в криопробирках в морозильных камерах, использовали стандартный метод выведения уредоспор бурой ржавчины из состояния анабиоза – прогревали споры в открытых стеклянных пробирках в термостате при 45˚С в течение 5 мин и обводняли над поверхностью воды в эксикаторе в течение 8–12 ч. Жизнеспособность изолятов ржавчины определяли по прорастанию спор, нанесенных на тонкий слой 2%-ного голодного агара на предметном стекле, и проявлению болезни – на всходах пшеницы, инокулированных суспензией спор.

Хранение уредоспор бурой ржавчины при температуре +4 °С с течением времени приводит к ослаблению жизнеспособности гриба. Так, при оценке жизнеспособности 45 изолятов гриба после 8 мес хранения установлено, что на 2%-ном холодном агаре прорастали только 2,3–7,3% спор бурой ржавчины, через 9 мес – 0,7–1,3%, а через 10 мес хранения споры оказались полностью нежизнеспособными. Хранение спор при температуре +4 °С в течение 6 мес также снижало жизнеспособность изолятов бурой ржавчины: на агаре прорастали от 3 до 22,7% спор в зависимости от патотипа *P. triticina*. Изоляты бурой ржавчины, хранившиеся при температуре +4 °С в течение 2 мес, имели высокую всхожесть спор на агаризованной среде – от 71 до 95%. Таким образом, оптимальный срок хранения изолятов *P. triticina* в бытовом холодильнике при температуре +4 °С составляет не более 2 мес.

Оценка жизнеспособности 85 коллекционных изолятов бурой ржавчины после 3, 4, 5 и 6-летнего хранения в морозильной камере REVCO при температуре -8 °С оказалась неоднозначной (табл. 1).

Таблица 1. Влияние длительной криоконсервации на проявление жизнеспособности патотипов бурой ржавчины на всходах восприимчивого сорта пшеницы Хакасская.

Уредоспоры гриба, хранившиеся в морозильной камере 3 года, практически не утратили жизнеспособности: 83–100% патотипов заражали всходы пшеницы. У 46 патотипов бурой ржавчины, хранившихся в морозильной камере более 3 лет, отмечено некоторое снижение жизнеспособности, тем не менее она оказалась также достаточно высокой и составила 60–69% на всходах пшеницы. Таким образом, длительность хранения материала оказывает влияние на регрессию жизнеспособности уредоспор бурой ржавчины. Сравнение двух способов хранения уредоспор *P. triticina* указывает на более высокую жизнеспособность коллекционного биоматериала в условиях криоконсервации.

Год начала опыта	Период криоконсервации (лет)	Число изолятов гриба	Число жизнесп. изолятов на всходах пшеницы, %
2006	**6**	**10**	**60**
2007	**5**	**16**	**69**
2008	**4**	**20**	**65**
2009	**3**	**11**	**100**
2010	**3**	**18**	**83**
2011	**3**	**10**	**90**

На примере 30 патотипов *P. triticin*а, хранившихся при ультранизких температурах в течение 3–6 лет, проведена сравнительная оценка состава генов вирулентности изолятов гриба на даты начала и завершения эксперимента. Показано, что вирулентность патотипов бурой ржавчины пшеницы не зависела от продолжительности хранения в условиях морозильной камеры REVCO при температуре –80 °С. Иногда отмечали элиминацию отдельных или появление новых генов вирулентности (0,1–0,5%), что, возможно, может быть объяснено гетерогенностью исходной культуры.

Глава 5.
Биоразнообразие грибов России и Евразии

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.05

СТРУКТУРА БИОТЫ АГАРИКОВЫХ ГРИБОВ И ГАСТЕРОМИЦЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОСТЕПНЫХ СООБЩЕСТВ МИНУСИНСКИХ КОТЛОВИН (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ, КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

Заузолкова Н.А., Горбунова И.А.
Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан
Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск

Биологическое разнообразие представляет собой один из недооцениваемых ресурсов страны, а также выполняет важнейшую средообразующую функцию (Национальная стратегия …, 2001). Для современной биологии одним из приоритетных направлений является именно изучение и сохранение биоразнообразия как в целом, так и отдельных его компонентов (Марина, 2006). Одним из компонентов биоразнообразия выступают агарикоидные и гастероидные базидиомицеты, которые к тому же являются важнейшим гетеротрофным звеном в биогеоценозах, поскольку некоторые из них участвуют в разложении древесного опада, процессе почвообразования, образовании микоризы с деревьями.

Цель работы – изучение биоты агариковых грибов и гастеромицетов лесостепных сообществ Минусинских котловин. В задачи входило выявление видового разнообразия макромицетов на исследуемой территории, таксономический, эколого-трофический и географический анализы выявленной микобиоты, поиск новых и редких для Хакасии и Сибири видов грибов.

В результате проведенных исследований на территории лесостепных сообществ Минусинских котловин выявлено 556 видов агарикоидных и гастероидных базидиомицетов, принадлежащих к 119 родам, 29 семействам, 6 порядкам, из них 296 видов являются новыми для исследованной территории.

Среди выявленных порядков доминирующим по количеству видов является Agaricales, который в своем составе содержит 476 видов, что составляет 85,6 % от совокупности всех видов. Заметно от него отстают порядки Russulales (40–7,3%) и Boletales (32–5,7 %). На порядки Geastrales, Hymenochatales и Phallales приходится 1,4 % всех видов.

Ведущими семействами являются Agaricaceae (59 видов – 10,6 %), Cortinariaceae (45–8,1%), Hygrophoraceae (19–3,4%), Inocybaceae (43–7,7%), Mycenaceae (38–6,8 %), Psarhyrellaceae (31–5,6%), Strophoriaceae (69–12,4 %), Tricholomataceae (70–12,6%), Russulaceae (40–7,2%), Marasmiaceae (26 видов – 4,7%).

Представители семейств Agaricaceae и Strophariaceae в значительной степени приурочены к открытым местообитаниям будь то луговые, степные сообщества, или открытые лесные просеки и опушки.

Количество ведущих родов в исследуемой биоте агарикоидных и гастероидных базидиомицетов лесостепей Минусинских котловин составляет 40. Эти роды включают 438 видов (78,7% всех видов). Первое место по количеству видов занимает род *Cortinarius* (39 видов), значительно ему уступает род Inocybe, насчитывающий 19 видов. Наиболее крупными также являются такие роды, как Russula (17 видов), Clitocybe (16 видов), *Hebeloma и Mycena* (по 15 видов каждый), *Lycoperdon* (14 видов), *Tricholoma* (13 видов). Остальные ведущие роды насчитывают в своем составе от 4 до 10 видов. 48 родов являются одновидовыми.

Подавляющее число выявленных грибов (508 видов) приурочены к лесным сообществам, 48 видов отмечены для открытых местообитаний – это луговые и степные ценозы. Среди хвойных лесов максимальное число видов грибов выявлено в сосновых лесах – 22%, среди лиственных – в березовых лесах (14% всех видов).

Эколого-трофический спектр микобиоты составили: сапротрофы, симбиотрофы и паразиты. Процентное содержание в каждой эколого-трофической группе указано от общего числа выявленных видов. 33 вида (5,9%) являются лабильными в трофическом отношении, т.е. характеризуются приуроченностью к разным типам субстратов и могут учитываться в нескольких группах. Симбиотрофы представлены микоризообразователями (Mr), которые насчитывают 152 видов (36,5%). В группу паразитов входят 5 видов (0,8%), причем 2 вида являются факультативными паразитами (Pf) и 3 вида облигатными паразитами (P). Сапротрофы насчитывают 254 вида (62,7%). Наиболее многочисленной группой являются гумусовые сапротрофы (152 видов, 27,4%). К группе ксилотрофов относятся 92 вида (16,7%), здесь лидирующее положение занимают виды, обитающие на разрушенной древесине – 55 видов (10%). Подстилочные сапротрофы объединяют 70 видов (12,6%) базидиомицетов. Каждую из оставшихся групп сапротрофов составляют 12 и менее видов.

Наибольшую долю в микобиоте составляют виды мультизонального географического элемента – 191 вид, или 34,4% от всей суммы видов. Далее несколько меньшее количество видов приходится на долю бореального и неморального географических элементов по

103 вида (18,6%) на каждый из них. Представители голарктического географического элемента составляют в исследуемой микобиоте – 101 вид, или 18,1%.

По распространению по Земному шару доминируют несколько типов ареалов, это евразиатско-североамериканский (138 видов, или 24,7% от общего количества всех видов), евроазиатский (124 видов, или 22,3%), мультирегиональный (106 видов, или 19%) и голарктический (99 видов, или 17,8%).

Впервые для района исследования и Республики Хакасия выявлено 247 видов, из них 56 видов – редкие для изучаемой территории, 14 видов – редкие для Сибири, 4 вида ранее не отмечались в Сибири (*Cystoderma simulatum, Conocybe macrospora, Entoloma hebes, Hohenbuehelia mastrucata*). В «Красную книгу Республики Хакасия» (2012) включен Entoloma abortivum (Berk. & M.A. Curtis) Donk. Новый для Республики Хакасия, редкий в Европе, Восточной и Западной Сибири вид *Leucopaxillus compactus* (P. Karst.) Neuhoff рекомендован в «Красную книгу Сибири».

Список литературы

1. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. М. 2001: 76 с.
2. Марина Л.В. Агарикоидные базидиомицеты Висимского заповедника (Средний Урал). СПб: ВИЗР, 2006: 102 с.

БИОТА КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КУМЕРТАУ (БАШКИРИЯ)

Чердинцев А.А.
Оренбургский государственный университет

Территория республики Башкотостан характеризуется высокой лесистостью. Здесь представлены разные типы лесных насаждений естественного и искусственного происхождения: темнохвойные, широколиственно-темнохвойные, светлохвойные, широколиственные и мелколиственные леса. Во многих районах, в частности – в лесостепном Башкирском Предуралье, площади естественных лесов существенно снизились из-за эксплуатации человеком, однако здесь ведутся активные работы по лесовосстановлению.

Несмотря на значительность площадей лесов в республике, многие компоненты лесных экосистем, в частности, грибы-макромицеты, остаются сравнительно слабо изученными. В последние годы опубликован ряд работ в этом направлении (Байтерякова, 2004; Михайлова, Шварева, 2005; Степанова-Картавенко, 1967; Суфиянова, Михайлова, 2005; Хабибуллина, 1999; Kotiranta et al., 2005), но приводимые в них сведения отрывочны и не отражают в полной мере разнообразие грибов рассматриваемого региона, что определяет актуальность работ по активизации изучения микобиоты.

Нами в 2012–2014 гг. в рамках комплексного проекта по оценке современного состояния среды, проводились исследования биоты древоразрушающих грибов в окрестностях г. Кумертау. Исследованиями были охвачены естественные древостои дуба, клена, вяза, березы и осины; посадки сосны и лиственницы на шлейфе склона северной экспозиции г.Уральская; насаждения сосны и березы 30–32-летнего возраста, посаженные с целью рекультивации отвалов Кумертауского буроугольного разреза (КБР). Сбор данных производился маршрутным методом. При описании грибов территории была использована система высших базидиальных грибов, опубликованная в книге «Nordic Macromycetes» (1992, 1997).

Объект исследования – базидиальные древоразрушающие грибы являются частью наиболее многочисленной экологической группы грибов – сапротрофов, играющих ведущую роль в системе редуцентов. Это типичные обитатели лесных экосистем, субстратом для которых является древесина. Они способствуют отпаду старых деревьев и осуществляют деструкцию отмершей древесины, обеспечивая круговорот веществ в экосистемах за счет выработки соответствующих ферментов, способных разлагать лигнин и целлюлозу (Мухин, 1993).

В общей сложности было идентифицировано 77 видов грибов, относящихся к 45 родам и 23 семействам отдела Basidiomycota. К крупнейшим родам относятся Hyphodontia (7 видов), Hyphoderma (5 видов), Phlebia и Postia (по 4 вида). Более половины обнаруженных видов (39) имеют распростертые плодовые тела ателиоидного, мерулиоидного, кортициоидного или ксеназматоидного типа. Наиболее многочисленны в сборах представители родов Coniophora, Peniophora, Stereum.

Сравнивая полученные нами данные с ранее опубликованными материалами по видовому составу древоразрушающих грибов Южной Башкирии (Сафонов, 2010; Сафонов и др., 2013), следует отметить, что благодаря нашим исследованиям список ксилотрофных грибов Башкирского Предуралья увеличился более чем на 2/3 и достиг численности 117 видов. 48 видов, из отмеченных нами, являются новыми для региона. При этом некоторые из них – *Antrodia sinuosa* (Fr.) P. Karst., Datronia mollis (Sommerf.) Donk, *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., Gloeoporus taxicola (Pers.) Gilbertson & Ryvarden, *Phlebia radiata* Fr., *Ph. tremellosa* (Schrad.) Nakasone & Burds. *Steccherinum ochraceum* (Pers.) Gray и др. достаточно широко распространены на прилегающих территориях Оренбургской области (Сафонов, 1999); другие виды (*Amylocorticiellum*

subillaqueatum (Litsch.) Spirin et Zmitr., *A. subincarnatum* (Peck.) Pouzar, *Athelia lutescens* (J. Erikss. & Ryvaren) Zmitr. & Spirin, *Mycoaciella bispora* (Stalpers) J.Erikss. & Ryarden., *Phlebia subochracea* (Bres.) J.Erikss. & Ryvarden, Ph. sulphurea (Pers.: Fr.) Ginns & Lefebvre, *Ph. ravenelii* (Cooke) Hjortstam, *Trechispora confinis* (Bourdot & Galzin) Liberta, *Tubulicrinis globisporus* K.H.Larss. & Hjortstam и некоторые другие) ранее в Оренбургской области тоже не отмечались.

Сравнение разнообразия грибов в изученных локальных биотах показало, что наибольшее количество видов характерно для спелых сосновых посадок у г. Уральская, где отмечено 40 видов (табл. 1). Биота грибов естественных нагорных лесов оказалась существенно менее богатой, что, возможно, связано со структурой сообществ, в которых преобладали обычные для широколиственных лесов виды грибов.

Табл. 1. Таксономическая структура биот древоразрушающих грибов изученных локалитетов.

Локалитеты	видов	родов	семейств
Нагорные естественные леса	26	22	11
Посадки у г. Уральская	40	28	14
Посадки на отвалах КБР	25	15	10
Всего	77	45	23

Полученные нами данные позволяют придти к заключению, что большинство отмеченных видов являются достаточно обычными, широкораспространенными в Евразии и в Северном полушарии в целом. Это, в частности, *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. и ряд других.

Другие виды, представленные единичными находками, могут быть перспективными объектами для включение в списки редких видов, однако современный уровень изученности их распространения и состояния популяций не позволяет сделать объективный вывод об их редкости.

Необходимо также отметить, что в юго-восточных районах Башкортостана произрастают дубравы, несущие специфичную биоту ксилотрофных грибов. Такие виды, как *Daedelea quercina* (L.) Pers., Inocutis dryophila (Berk.) Fiasson & Niemelä, *Hymenochaete tabacina* (Sowerby) Lév. типичны для дубрав Евразии, но в связи с сокращением площадей дубовых лесов в Предуралье и их отсутствием в Башкирском Зауралье эти виды нуждаются в контроле состояния популяций в пределах республики.

Таким образом, микобиота лесов южных районов Башкортостана нуждается в целенаправленном изучении, что позволит существенно расширить знания о биоразнообразиии региона, состоянии редуцентов лесных экосистем и обеспечить эффективное сохранения разнообразия грибов.

Список литературы

1. Байтерякова Н.С. Новые виды грибов Южно-Уральского заповедника.Проблемы сохранения биоразнообразия на Южном Урале. Мат. регионал. науч.-практ. конф. (13-14 мая 2004 г., г. Уфа). Уфа, 2004: 31-2.
2. Михайлова В.А., Шварева Н.В. Биологическое разнообразие грибов-макромицетов территории, прилегающей к карьеру шихана Шахтау. Усп. совр. естествозн. 2005; 4: 36-7.
3. Степанова-Картавенко Н.Т. Афиллофоровые грибы Урала. Свердловск. 1967: 293 с.
4. Суфиянова Г.Ф., Михайлова В. А. Грибы – макромицеты степных районов Республики Башкортостан. Биология – наука XXI века: 9-я международная Пущинская школа конференция молодых ученых (18-22 апреля 2005 г.). Пущино: Пущинский научный центр РАН, 2005: 307.
5. Хабибуллина А.М. Результаты инвентаризации грибов Южно-Уральского заповедника.Фауна и флора Республики Башкортостан: проблемы их изучения и охраны: Матер. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения д.б.н. С.В. Кирикова. Уфа, 1999: 173-9.
6. Kotiranta H, Mukhin VA, Ushakova NV, Yu-Cheng D. Polypores (Aphyllophorales, Basidiomycetes) studies in Russia. I. South Ural Ann Bot Fennici. 2005; 42: 427-51.
7. Nordic Macromycetes. Vol.2: Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales. Gopenhagen: Nordsvamp, 1992.
8. Nordic Macromycetes. Vol.3: Heterobasidioid, Aphyllophoroid and Gasteromycetoid basidiomycetes. Gopenhagen: Nordsvamp, 1997.
9. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: УИФ “Наука”. 1993: 232 с.
10. Сафонов М.А. Видовой состав ксилотрофных грибов южных районов Республики Башкортостан. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010; 3(27): 226-28.
11. Сафонов М.А., Маленкова А.С., Русаков А.В., Ленева Е.А. Биота искусственных лесов Оренбургского Предуралья. Оренбург: ООО «Университет». 2013: 176 с.
12. Сафонов М.А. Трутовые грибы (Polyporaceae s. lato) лесов Оренбургской области. Микол. фитопатол. 1999; 33(2): 75-80.

ЭНДОФИТНЫЕ ГРИБЫ *CLEMATIS TANGUTIKA* KORSH.

Жебрак И.С., Бахар Ю.А., Ерема И.А.
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

Эндофиты sensu lato – это любые грибы, живущие внутри растений, но чаще этот термин используют для обозначения мутуалистических отношений гриба и растения. В процессе своей жизнедеятельности растения входят в сложные взаимоотношения с микроорганизмами, населяющими не только почву, но и эндоткани здоровых растений. Многие микроорганизмы продуцируют органические кислоты и ряд ферментов, что помогает усваивать соединения, ранее недоступные для растений.

Кроме того, микроорганизмы выделяют витамины, регуляторы роста, антибиотики, оказывающие существенное влияние на развитие растений. *Clematis* – это лиана обладающая высокой скоростью роста, декоративностью, большой зеленой массой и является перспективным растением для использования в зеленом градостроительстве Белоруссии. При выращивании клематисов рекомендуется использование фунгицидов системного действия, так как растение очень сильно подвержено заболеваниям возбудителями которых являются фитопатогенные грибы. Но фунгициды могут подавлять развитие симбиотических эндофитных грибов полезные для растения. В этой связи проводили исследование эндофитных грибов в корнях и семенах *Clematis tangutika*.

Для изоляции грибов использовали среды PDA (Potato Dextrose Agar) и картофельно-глюкозный агар. Корни *Clematis tangutika* стерилизовали: три минуты в 3% NaOCl, полоскали 3 раза в стерильной воде, пятнадцать минут в смеси антибиотиков (Streptomicina, Ampicilina, Tetracycline), 3 раза полоскали в стерильной воде, сушили на стерильной фильтровальной бумаге. Затем стерильные корни измельчали по одному сантиметру длиной и выкладывали на питательную среду. Семена стерилизовали (5 мин в 8%-ном NaOCl, полоскали в стерильной воде, 1 мин в 96%-ном спирте, полоскали в воде, 3 мин в 70%-ном спирте, полоскали в стерильной воде три раза, сушили на фильтровальной бумаге), раскладывали на питательную среду. Через неделю проводили пересев выросших колоний грибов для получения чистых культур и их дальнейшей идентификации. Кроме того методом Травло анализировали корни клематиса используя микроскоп МИКМЕД-6 и учитывали арбускулярные микоризные грибы.

Из корней *Clematis tangutika* нами были выделены колонии грибов *Alternaria, Torula* и *Aspergillus*. Чаще всего из всех изолятов встречалась *Alternaria*. В семенах доминировали грибы из рода *Alternaria*, Acremonium, реже встречались – *Verticillum и Mucor*. Таким образом, из корней и семян клематиса изолировали в основном фитопатогенные грибы, очень много грибов из рода *Alternaria*. При изучении микоризы *Clematis tangutika* выявили арбускулярные микоризные грибы Arum-типа и темноокрашенные септированные эндофитные грибы (DSE). Частота встречаемости микоризной инфекции (F%) составила 76,0±4,6 %. Арбускулярные грибы были представлены: межклеточными, внутриклеточными и поисковыми гифами; арбускулами на разных стадиях развития («молодые», «зрелые» и «вырождающиеся»); везикулами округлой и овальной формы; спорами. Темноокрашенные эндофитные грибы формировали межклеточный, слегка извилистый мицелий повторяющий контуры клеток и более крупные септированные гифы внутри клеток и на поверхности корня, а также округлые DSE структуры внутри клеток. Кроме того, при микрокопировании корней выявлены фитопатогенные грибы из рода *Olpidium*.

Таким образом, в корнях и семенах *Clematis tangutika* выявили, как фитопатогенные (*Alternaria, Verticillum, Torula, Olpidium*) так и эндофитные грибы, находящиеся в мутуалистическом симбиозе с растением (арбускулярные микоризные грибы, темноокрашенные септированные эндофитные грибы).

НОВЫЕ НАХОДКИ РЕДКИХ МАКРОМИЦЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

Ивойлов А.В.
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск

Республика Мордовия наряду со многими субъектами РФ слабоизученна в микологическом отношении территорий [1]. Первые исследования микобиоты республики были проведены в 40-х гг.х XX столетия Н.И. Кузнецовым в Мордовском государственном природном заповеднике им П.Г. Смидовича [2]. Составленный им список включал 186 видов макромицетов. Позднее О.Я. Цингер сделала дополнение к списку Н.И. Кузнецова, добавив еще 4 вида [3].

Планомерная инвентаризация макромицетов на территории Мордовии начата в 2004 г. после выхода Красной книги Республики Мордовия [4]. В настоящее время на территории республики зафиксировано более 550 видов грибов с крупными плодовыми телами, которые легко определяются по внешним признакам [5–9]. Выявленные виды относятся к 466 родам, 87 семействам, 25 порядкам, в том числе 53 вида из отдела Ascomycota (35 родов, 19 семейств, 7 поряд-

ков). Все остальные макромицеты относятся к отделу Basidiomycota [10].

Исследования микобиоты в 2012–2014 гг. позволили выявить редкие не только для территории Мордовии виды макромицетов, но и для России и Среднего Поволжья и пополнить Check list грибов республики.

Phallus hadriani Vent., 1798 (Phallaceae) – городской округ Саранск, на почве свободной от растительности, среди кизильника блестящего, на территории Ялгинской общеобразовательной школы в пос. Ялга, 29.09.2013 г., собр. и опр. А.В. Ивойлов.

Lycoperdon mammiforme Pers., 1801 (Agaricaceae) – Кочкуровский р-н, нагорная дубрава (Acereto-Tilieto-Quercetum aegopodiosum) в 1 км севернее с. Подлесная Тавла (кв. 203 Саранского лесничества), на лесной тропинке в (54°06,8' N 45°28,6' E – 265 м над уровнем моря), 14.08.2013 г., собр. и опр. А. В. Ивойлов.

Leucoagaricus nympharum (Kalchbr.) Bon, 1977 (Agaricaceae) – городской округ Саранск, в придорожной лесополосе недалеко от 9-го км шоссе Саранск-Рузаевка южнее пос. Ялга, 17.09.2013 г., собр. и опр. А.В. Ивойлов.

Rubinoboletus rubinus (W.G. Sm.) Pilát & Dermek, 1969 (Boletaceae) – городской округ Саранск, в лесном массиве западнее пос. Ялга на окраине леса с Qurecus robur, Tillia cordata, Acer platanoides и с подлеском из *Euonymus verrucosa* (кв. 263 Саранского лесничества), 30.08.2012 г., собр. и опр. А. В. Ивойлов. Мониторинг местонахождения R. rubinus показал, что на участке площадью 3–4 м^2 30.08.2012 г. были найдены 3 плодовых тела (из них два сросшихся) с размером шляпок 8–10 см, с ножками длиной 6–7 см и толщиной 1,5–2 см, 4.09.2013 г. – 5 плодовых тел с размером шляпок от 3 до 7,5 см, с ножками длиной до 6 см и толщиной 1,5–2 см, 15.09.2014 г. – одно плодовое тело с диаметром шляпки 5 см и длиной ножки 5 см.

Pseudocraterellus sinuosus (Fr.) Corner, 1958 (Cantharellaceae) – городской округ Саранск, в широколиственном лесу (Acereto-Tilieto-Quercetum aegopodiosum) на лесной тропинке (кв. 253 Саранского лесничества) в 1 км восточнее пос. Добровольный, 01.09.2013 г., собр. и опр. А.В. Ивойлов; Темниковский р-н, пойменные дубравы Мордовского государственного заповедника им. П.Г. Смидовича, 04.09.2013 г. (кв. 436) и 09.09.2013 г. (кв. 323, 352), собр. и опр. С.Ю. Большаков.

Leucopaxillus rhodoleucus (Romell) Kühner, 1926 (Trocholomataceae) – городской округ Саранск, в придорожной тополевой с примесью желтой акации лесополосе, в 1,5 км южнее пос. Ялга, 20.09.2013 г., собр. и опр. А.В. Ивойлов.

Hygrophorus russula (Schaeff.) Kauffman, 1918 (Hygrophoraceae) – Кочкуровский р-он, в нагорной дубраве севернее с. Подлесная Тавла (кв. 16 Саранского лесничества), 22.09.2013 г., собр. и опр. А. В. Ивойлов.

Кроме того, был подтвержден гербарными экземплярами Gyroporus castaneus (Bull.) Quél., 1886 (Gyroporaceae), известный по находкам 90-х годов XX в. в Инсарском и Рузаевском р-нах [6, 11]. Новые его местонахождения отмечены в Кочкуровском р-не, в 2 км юго-юго-западнее с. Ст. Уда (кв. 203 Кочкуровского лесничества), 14.08.2013 г., собр. и опр. А. В. Ивойлов, в Темниковском р-не (Мордовский государственный природный заповедник им. П. Г. Смидовича), август 2013 г., собр. и опр. С. Ю. Большаков.

Гербарные экземпляры плодовых тел и цветные фотографии базидиом хранятся в фунгарии Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича (HNMR).

Список литературы

1. Коваленко А.Е., Бондарцева М.А., Каратыгин И.В. и др. Состояние изученности и оценка видового разнообразия грибов и миксомицетов России. Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Тр. Междунар. конф., посвящ. 100-летию начала работы проф. А.С. Бондарцева в Бот. ин-те им. В.Л. Комарова РАН. Том 1. СПб. : [б. и.], 2005. С. 267-70.
2. Кузнецов Н.И. Флора грибов, лишайников, мхов и сосудистых растений Мордовского заповедника. Тр. Мордов. госуд. заповедника им П.Г. Смидовича. Вып. I. Саранск : Мордов. кн. изд-во, 1960. С. 71–128.
3. Цингер О.Я. Дополнения и уточнения к флоре Мордовского заповедника. Тр. Мордов. госуд. заповедника им П.Г. Смидовича. Вып. III. Саранск : Мордов. кн. изд-во, 1966: 230–33.
4. Красная книга Республики Мордовия. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов. сост. Т. Б. Силаева. Саранск : Мордов. кн. изд-во, 2003. 288 с.
5. Ивойлов А.В. Большаков С.Ю. Макромицеты Республики Мордовия. 1. Агарикоидные грибы. Порядок Agaricales. Вестн. Мордов. ун-та. Сер. Биол н. 2011. 4: 153–62.
6. Ивойлов А. В. Большаков С. Ю. Макромицеты Республики Мордовия. 2. Агарикоидные грибы. Порядки Boletales, Polyporales, Russulales. Вестн. Мордов. ун-та. Сер. Биол. н. 2011; 4: 162–66.
7. Ивойлов А.В., Большаков С.Ю. Макромицеты Республики Мордовия. 3. Афиллофороидные грибы. Вестн. Мордов. ун-та. Сер. Биол. н. 2011; 4: 167–74.
8. Ивойлов А. В. Большаков С. Ю. Макромицеты Республики Мордовия. 4. Сумчатые, гетеробазидиальные и гастероидные грибы. Вестн. Мордов. ун-та. Сер. Биол. н. 2011; 4: 175–9.
9. Большаков С.Ю., Ивойлов А.В. О находках новых для микобиоты Мордовии видов макромицетов. Изв. Самарского науч. центра РАН. 2012;14(5): 127–31.
10. Большаков С.Ю., Ивойлов А.В. Макромицеты Республики Мордовия : степень изученности и проблемы их охраны. Тр. Мордов. гос. природного заповедника им. П. Г. Смидовича. Вып. XI. Саранск : Пушта : [б. и.], 2013. С. 98–108.
11. Силаева Т.Б., Кирюхин И.В., Письмаркина Е.В. и др. Редкие растения и грибы: материалы для ведения Красной книги Республики Мордовия за 2009 год; под общ. ред. Т.Б. Силаевой. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та. 2009: 64 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОТЫ МИКСОМИЦЕТОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИРОДНЫХ ЗОН УКРАИНЫ

Дудка И.А., Анищенко И.Н.
Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАНУ, Киев

Среди миксомицетов доминируют виды ксилофильной экологической группы, развивающиеся на мертвой древесине, приуроченные к лесным сообществам. Антропогенно ненарушенные типы леса наиболее полно сохранились на территории природно-заповедных объектов: биосферных и природных заповедников и национальных природных парков. Для изучения биоты миксомицетов на равнинной территории Украины были выбраны национальный природный парк "Деснянско-Старогутский" (далее НППДС) в полесской, Ичнянский национальный природный парк (ИНПП) в лесостепной и биосферные заповедники Черноморский (ЧБЗ) и Дунайский (ДБЗ) в степной зонах, типы лесов которых представлены в табл. 1.

Табл. 1. Типы лесов природоохранных объектов равнинной Украины

№ п/п	Тип леса
1.	Ольховый: *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
2.	Ивовый: *Salix* spp.
3.	Березовый: *Betula pendula* Roth.
4.	Грабовый: *Carpinus betulus* L.
5.	Смешанный (береза, сосна, дуб, ель, липа)
6.	Хвойный (сосново-березовый): *Pinus pallasiana* D. Don., *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula*
7.	Дубовый (дубово-сосновый): *Quercus robur* L , P. sylvestris
8.	Тополевый (осиновый): *Populus alba* L., Populus tremula L.
9.	Айлантовый: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle

В Украинских Карпатах были обследованы природный заповедник "Горганы" (ПЗГ) и национальные природные парки "Синевир" (НППС) и "Галицкий" (НППГ) с такими типами лесов (табл. 2).

Растительность НППДС представлена лесами (52,9% площади), где доминирует *Pinus sylvestris* L. Полный список видов миксомицетов НППДС опубликован в монографии [1]. В ИНПП леса занимают 78% площади, до 15% составляют болота. Преобладают грабово-липово-дубовые, на болотах доминируют ольховые леса. Полный список обнаруженных в ИНПП миксомицетов опубликован в [2]. Основным типом растительности ЧБЗ являются луга и опустыненные степи. Лесная растительность произрастает в понижениях рельефа (подах), где встречаются насаждения айланта или "колки" из дуба, березы и осины

Таблица 2. Типы лесов природоохранных объектов Украинских Карпат

№ п/п	Тип леса
1.	Пихтово-еловый: *Abies alba* Mill., *Picea abies* (L.) H.Karst.
2.	Лиственичный: *Larix europea* DC.
3.	Сосновый: *Pinus cembra* L., *P. mugo* Turra, *Pinus sylvestris* L.
4.	Ольховый: *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, *Alnus incana* (L.) Moench
5.	Еловый: *Picea abies* (подлесок *Vaccinium myrtillus* L.)
6.	Грабовый: *Carpinus betulus* L.
7.	Буковый: *Fagus sylvatica* L.
8.	Дубовый: *Quercus robur* L.
9.	Ясеневый: *Fraxinus excelsior* L.
10.	Ивовый: *Salix* spp.
11.	Тополевый (осиновый): *Populus tremula* L.

(смешанный тип леса). Полный список видов миксомицетов опубликован [3, 4]. В ДБЗ среди болотной, луговой и псаммофитной растительности вкраплены участки лесных насаждений пойменных ивовых, плавневых тополевых и аренных сосновых лесов из Pinus pallasiana D. Don. Полный список миксомицетов приведен в [4].

В Украинских Карпатах представлены разные типы горных лесов. В ПЗГ леса занимают 84% площади заповедника, основными лесообразующими породами являются Picea abies (L.) H. Karst. и Abies alba Mill., которые формируют массивы на склонах горных вершин. Полный список миксомицетов ПЗГ представлен в [5]. Лесной фонд НППС составляют в основном Picea abies (L.) H. Karst. (62% общей площади) и Fagus sylvatica L. (34%), полный список миксомицетов, выявленных на территории НППС, опубликован в [6]. Леса на территории НППГ (Прикарпатье) в основном состоят из *Quercus robur* L. и *Fagus sylvatica* L. (соответственно 88 и 14% площади парка). Результаты изучения биоты миксомицетов НППГ отражены в публикации [7].

Некоторые типы лесов Украинских Карпат, такие как пихтово-еловый, еловый с Vaccinium myrtillus L., буковый, а в степной зоне равнинной части Украины – айлантовый – являются характерными для сравниваемых природных зон Украины.

Для проведения статистического анализа биоты миксомицетов равнинной Украины (общей численностью 804 образца) и Украинских Карпат (193 образца) в зависимости от типа растительности и природной

зоны были использованы методы кластерного анализа [8], а также применен анализ соответствий [9]; использовался пакет прикладных программ STATISTICA 8.0 [10].

Дендрограмма сходства, полученная с использованием метода Уорда, показала, что биоты миксомицетов, представленные на территориях национальных природных парков Полесья и Лесостепи (НППДС и ИНПП), значительно отличаются от биоты миксомицетов, сформировавшейся на территориях исследованных степных биосферных заповедников ЧБЗ и ДБЗ. Подобное объединение объясняется не только видовым составом древесной растительности природоохранных объектов, но и значительными различиями в режимах влажности климата Полесья и Лесостепи, с одной стороны, и Степи, с другой. Согласно анализу соответствий распределение видов показало близость биоты миксомицетов ИНПП и

НППДС и определенную отдаленность миксомицетов ЧБЗ и ДБЗ. В то же время было отмечено и своеобразие биоты миксомицетов каждого из указанных объектов. Подобное распределение миксомицетов на результирующей диаграмме (рис. 1) обусловлено доминированием в каждом из исследованных объектов равнинной части Украины определенных типов леса: в ДБЗ – ивовых, ИНПП – ольховых, ЧБЗ – айлантовых, НППДС – хвойных, которые обеспечивали преобладание конкретных древесных субстратов, позволяющих выявить специфичные для них виды.

Дендрограмма подобия, полученная по результатам кластерного анализа (метод Уорда, расстояние sum), показала подобие видового состава миксомицетов НППС и НППГ, а также значительное отделение биоты миксомицетов ПЗГ на расстоянии 8,43. Результаты анализа соответствий [9], визуализация которых представлена на рис. 2, продемонстрировали приуроченность видов миксомицетов к определенным группам субстратов, а также позволили выявить те группы видов, которые представлены только на территории одного из 3-х исследованных природоохранных объектов Украинских Карпат.

В результате сравнительного анализа биоты миксомицетов Украинских Карпат было установлено более интенсивное развитие миксомицетов на субстратах, характерных для лесов с доминированием хвойных пород, в частности пихтово-еловых, а также лесов,

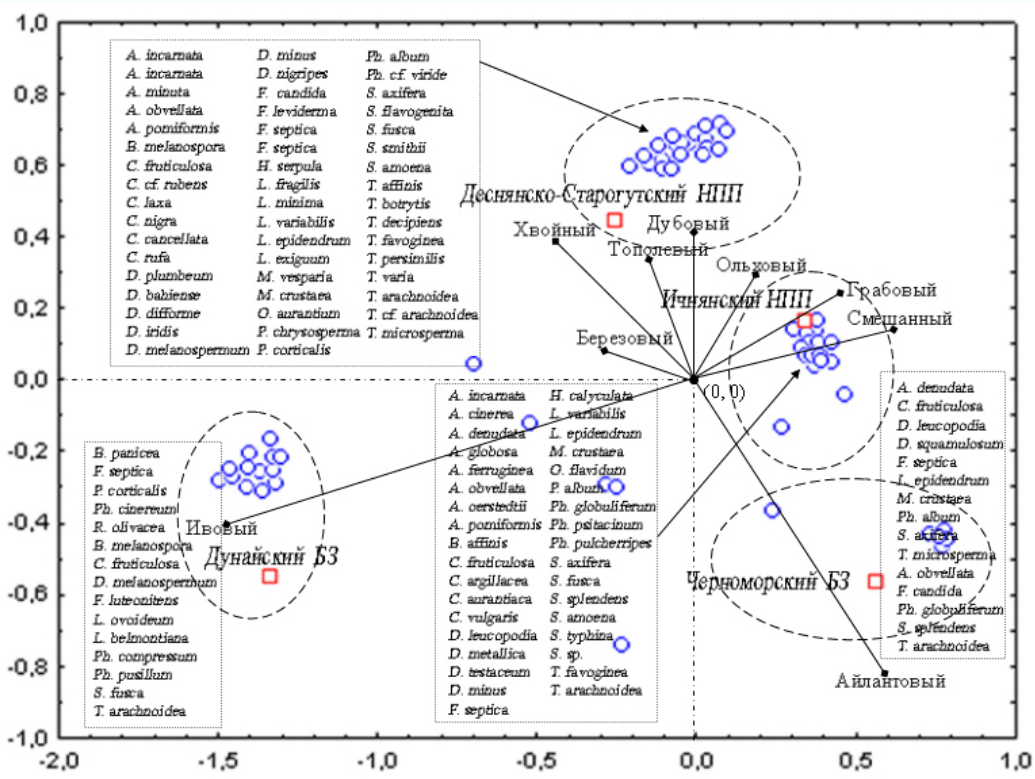


Рисунок 1. Диаграмма распределения наиболее распространенных видов миксомицетов НППДС, ИНПП, ДБЗ, ЧБЗ в зависимости от типов лесных сообществ.

где видами-эдификаторами являются такие лиственные породы, как *Fagus sylvatica*, *Alnus glutinosa*, *Quercus robur* и *Fraxinus excelsior.*

Главным отличием биоты миксомицетов лесов равнинной части Украины состоит в приуроченности видов к субстратам, производным, преимущественно, от лиственных пород, а в Украинских Карпатах значительно возрастает количество видов, ассоциированных с древесными субстратами, происходящими от отмирающей древесины различных хвойных пород.

В степных заповедниках к группе широко распространенных видов с высокой частотой встречаемости могут быть отнесены *Arcyria obvelata* (Oeder) Onsberg., *Badhamia melanospora* Speg., *Fuligo septica* (L.) Wigg.,

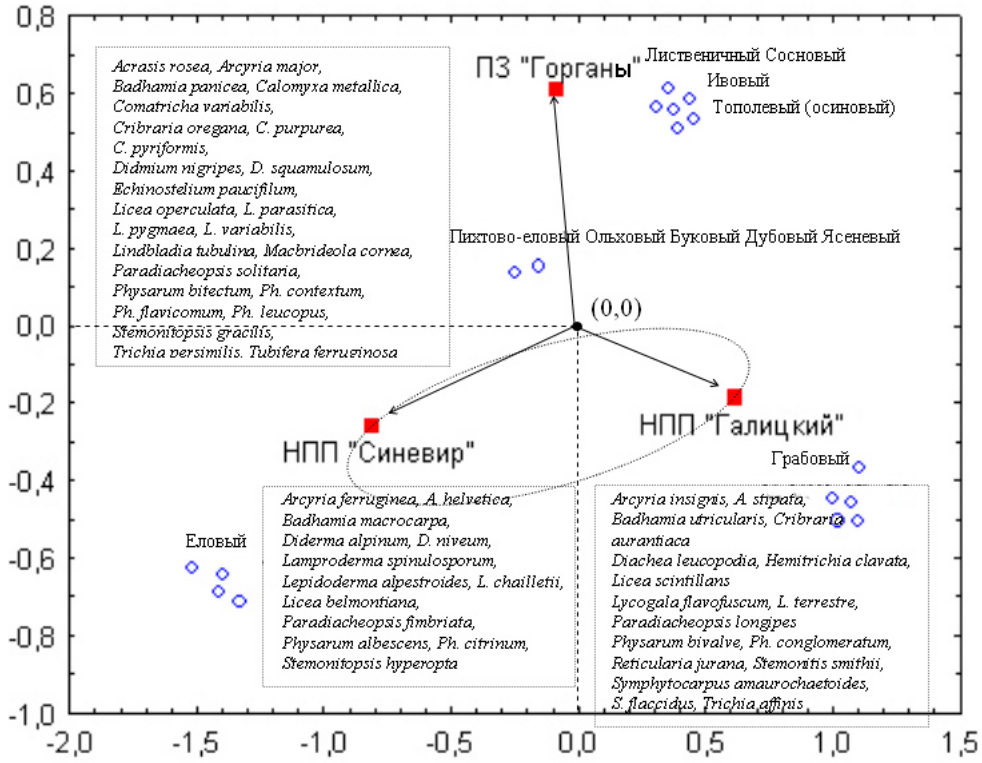


Рисунок 2. Диаграмма распределения видов миксомицетов природоохранных объектов Украинских Карпат в зависимости от типов лесных сообществ

Lycogala epidendrum (L.) Fries, *Mucilago crustacea* F.H. Wigg., *Perichaena corrticalis* (Batsch) Rostaf., *Physarum cinereum* (Batsch) Pers. и *Stemonitis axifera* (Bulliard) Macbride.

В биоте миксомицетов Украинских Карпат группу широко распространенных видов сформировали: *Arcyria cinerea* (Bull.) Pers., *Comatricha nigra* (Pers ex J. F Gmel) J. Schröt, *Fuligo septica, Lepidoderma alpestroides Mar.Mey. & Poulain, Lycogala epidendrum, Physarum album (Bull.) Chevall., Ph. Psittacinum Ditmar, Ph. Viride (Bull.) Pers., Stemonitis axifera, S. Fusca Roth., Stemonitopsis typhina (F.H. Wigg.) Nann.-Bremek., Trichia decipiens (Pers.) T. Macbr., T. favoginea (Batsch) Pers., T. varia (Pers.) Pers., Tubifera ferruginosa* (Batsch.) Gmel. Широко распространенными видами, представленными в лесах степной части равнинной Украины и Украинских Карпат, оказались *Fuligo septica, Lycogala epidendrum* и *Stemonitis axifera*.

Список литературы

1. Дудка И.А., Кривомаз Т.И. Миксомицеты Ичнянского национального природного парка Украины. Микол. фитопатол. 2008; 42(5): 432-9.
2. Ольдендорфер М.С., Блешфильд Р.К. Кластерный анализ. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 1989: 139-215.
3. Greenacre MJ. Theory and applications of correspondence analysis. L.: Acad Press, 1984: 364 p.
4. Боровиков В.П. STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М.: Филинъ, 1998: 608 с.

ПЕРВЫЕ ГИДРОМИКОЛОГИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОМУ ЗАПОВЕДНИКУ

Воронин Л.В.
Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского

Исследования по распространению грибов в водотоках и водоемах на территории России очень малочисленны. Особый интерес представляют особо охраняемые природные территории, где возможно получить сведения о распространении грибов в экосистемах, не испытывающих антропогенного воздействия. Гидромикологические исследования ограничиваются в основном территорией Дарвинского государственного заповедника, расположенного в южной тайге (Вологодская и Ярославская области) (Воронин, 2011).

Печоро-Илычский государственный биосферный заповедник был создан в 1930 г., в настоящее время это крупный биосферный заповедник северо-восточной части Европейской территории России (центральная часть заповедника имеет координаты 62°34' с.ш., 58°15' в.д.), включенный в группу территорий Всемирного природного наследия.

Заповедник расположен на западных склонах Северного Урала, в зоне соприкосновения арктической и умеренной климатических зон; климат характеризуется как континентально-океанический (Житенев, Серебряный, 1988). Сбор образцов производили 15-18 августа 2006 г. в верховьях р. Илыч, самого крупного верхнего притока Печоры, где он течет по Верхнеилычской низине вдоль простирания коренных пород, и его левых, расположенных на заповедной территории, притоков. Основная цель исследований — нахождение грибов, приуроченных в основном к стоячей и медленно текущей воде, поэтому сборы осуществляли преимущественно в курьях притоков Илыча — протоков, отшнуровавшихся с одного конца от русла реки. Отбирали погруженные в воду растительные субстраты древесных пород (ветви, кору, шишки), подвергали их воздушной сушке и хранили в бумажных пакетах. В лаборатории растительные субстраты инкубировали во влажной камере в течение 60 суток. Все образцы ныне хранятся в гербарии кафедры ботаники ЯГПУ им. К.Д Ушинского.

Ниже приводится аннотированный список идентифицированных видов грибов.

Bewerwykella pulmonaria (v. Bewerw.) Tubaki — р. Щука-Ёль, на шишке Picea abies; р. Кожимъю, на коре Pinus sylvestris; р. Укъю, на коре ветвей Populus tremola.

Воздушно-водный гифомицет, достаточно широко распространен от умеренной зоны до тропиков, преимущественно в стоячих водах на разнообразных растительных субстратах; впервые зарегистрирован на территории России.

Helicoon richonis (Boudier) Linder – р. Кожимъю, на шишках Larix sp.

Воздушно-водный гифомицет, впервые отмеченный на территории России. Вид известен в Австрии и других странах, в частности в Литве (Markovskaja, 2002). Интересен как продуцент антибиотика (Fisher ee al., 1988).

Spirosphaeria floriformis v. Bewerw. - р. Кожимъю, на ветвях Larix sp.

Этот воздушно-водный гифомицет на территории России был зарегистрирован нами в условно чистых озерах Воркутинской тундры на разнообразных субстратах (Betula nana, Salix sp., Comarum palustre, Carex aquatile).

Ascotaiwania sawada H.S. Chang et S.Y. Hsieh – р. Щука-Ёль, на древесине ветвей неидентифицированного лиственного дерева, на древесине ветви *Alnus incana*.

Аскокарпы наших сборов достигают более крупных размеров (до 450 мкм в диаметре), что может быть объяснено значительно более северным по сравнению с типовым образцом нахождением. Шейки аскокарпов соответствуют шейкам типа и превосходят их по длине (до 265 мкм). Стенки аскокарпа также тонкостенные. Парафизы простые, малочисленные, септированные. Аскоспоры 22,5 – 27,5 × 7,5 – 10,0 мкм, фузоидные, с тремя септами, прямые или слабо изогнутые, гладкие, центральные клетки коричневые, конечные слабо палевые или бесцветные.

Вид впервые зарегистрирован на территории России. Описан на погруженной в воду ручья в Таиланде древесной ветви, лишенной коры.

Hyaloscypha hyalina (Pers. Ex Fr.) Boudier – р. Укъю, на шишке Picea abies; р. Кожимъю, на шишке Picea abies; р. Илыч, на шишке Larix sibirica.

Этот водный дискомицет был зарегистрирован нами на листьях *Carex aquatili*s в условно чистых озерах Воркутинской тундры.

Hyaloscypha zalewskii Descals et Webster – р. Кожимъю, на древесине ветвей неидентифицированного лиственного дерева.

Вид впервые обнаружен на территории России. Описан в 1976 г. Е. Дескалзом и Дж. Уэбстером, голотип на разлагающихся стеблях Castanea sativa в малом ручье Англии; вид был обнаружен также на Quercus в Уэльсе, на шишках Alnus glutinosa в Англии, на погруженных в воду неидентифицированных корнях в Испании (Descals, Wedster, 1976).

Chaetomium globosum Kunze ex Fries – р. Укъю, на древесине ветвей неидентифицированного лиственного дерева.

Выделен из женских гонад двустворчатого моллюска Modiolus modiolus, а также из женских и мужских гонад двустворчатого моллюска *Crenomytilus grayanus* при исследовании загрязненных биотопов Уссурийского залива Японского моря (Зверева, Высоцкая, 2005).

Список литературы

1. Воронин Л.В. Микобиота малых озер Дарвинского заповедника. Роль ботанических садов и охраняемых природных территорий в изучении и сохранении разнообразия растений и грибов: Матер. Всерос. науч. конф. с межд. участием (13-16 октября 2011 г., Ярославль). Изд-во ЯГПУ. 2011: 167-70
2. Житенев Д.В., Серебряный М.М. Печоро-Илычский заповедник. Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. Ч. 1. Ред. В.Е. Соколов, Е.Е. Сыроечковский. М.: Мысль. 1988: 224-47
3. Markovskaja S. Aero-aquatic fungi colonizing decaying leaves in woodland swampy pools of Aukštadvaris regional park (Lithuania). Bot Lithuan. 2002; 18(2): 123-32.
4. Fisher PJ, Anson AE, Webster J et all. Quinaphtin, a new antibiotic, produced by Helicoon richonis. Trans Br Mycol Soc. 1988; 90(Pt3): 499-502
5. Descals E, Webster J. Hyaloscypha: perfect state of Clathrosphaeria zalewskii. Trans Br Mycol Soc. 1976; 67(3): 525-8
6. Зверева Л.В., Высоцкая М.А. Мицелиальные грибы-ассоцианты двустворчатых моллюсков из загрязненных биотопов Уссурийского залива Японского моря. Биол. моря. 2005; 31(6): 443-6

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБОВ РОДА BEAUVERIA РОССИИ И КАЗАХСТАНА

Леднев Г.Р.[1], Токарев Ю.С.[1], Успанов А.М.[2], Казарцев И.А.[1], Малыш Ю.М.[1], Смагулова, Ш.Б.[2], Левченко М.В.[1], Сагитов А.О.[2]

[1]Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

[2]Казахский НИИ защиты и карантина растений, Алматы

Одной из наиболее перспективных групп анаморфных аскомицетов с точки зрения разработки микоинсектицидов являются грибы рода Beauveria. Около 40% всех существующих грибных биопрепаратов для контроля численности вредных членистоногих создано на основе представителей этого таксона (Faria, Wraight, 2007).

В связи с развитием молекулярно-генетических методов анализа, современная систематика рода Beauveria претерпела существенные изменения. Так, если в 70-х гг. XX в. он включал в себя только два вида, то сейчас в его пределах выделяют, по меньшей мере, 12 таксонов видового ранга (Rehner et al., 2011). При этом многие из них морфологически идентичны. Это вызывает необходимость ревизии существующих коллекций грибов этого рода с целью их точной видовой идентификации и поиска различий между криптическими таксонами.

В связи с этим нами был проведен молекулярно-генетический анализ грибов, ранее относимых по морфологическим признакам к *B. bassiana* sensu lato. Выборка штаммов включала в себя 175 культур, в подавляющем большинстве из коллекций ВИЗР и КазНИИЗиКР. При подборе штаммов грибов для проводимых исследований мы руководствовались следующими параметрами: (1) резкими различиями культур по географическому происхождению (широте и долготе местности); (2) приуроченностью к определенным природно-климатическим зонам и конкретным стациям и (3) к отдельным группам первичных насекомых-хозяев.

Самыми западными являются культуры из Псковской области (28° в.д.), а самыми восточными - камчатские (158° в.д.). Расстояние между этими точками превышает 8 тыс. км. Самой северным местом происхождения штаммов является Якутия (62° с.ш.), а самыми - южными Южно-Казахстанская и Ошская области (40,5° с.ш.). При этом 71% штаммов был изолирован из лесных экосистем (гигрофильные станции) как непосредственно в таежной зоне (Московская, Ленинградская и Псковская обл.), так и в горных биоценозах (отроги Большого Кавказского хребта, Хамар-Дабанский хребет, Заилийский и Джунгарский Алатау) по высотному градиенту соответствующих лесному поясу. Другая часть культур была выделена из стаций, характеризующихся аридными или близкими к таковым условиями (полупустыни и сухие степи Жамбыльской и Южно-Казахстанской обл., степи Северо- и Восточно-Казахстанской, Ростовской обл., Краснодарского края, сухие лесостепи Новосибирской обл.). Вполне репрезентативно, на наш взгляд, представлены и группы первичные насекомых-хозяев, относящихся к семи отрядов (Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Hymenoptera и Diptera).

Для генотипирования штаммов нами был выбран локус ядерной ДНК – межгенный регион Bloc (Rehner et al., 2011; Cai et al, 2013). В результате проведенных исследований был выявлен высокий уровень дивергенции между двумя группами штаммов, максимальное сходство которых обнаружено с видами *Beauveria bassiana sensu stricto* и *Beauveria pseudobassiana* соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Каталог молекулярных гаплотипов Bloc, характеризующих штаммы рода *Beauveria*, выявленных в настоящей работе в сравнении с записями, доступными в Генбанке.

Вид гриба	Гаплотип	Типовой штамм в Генбанке	Номер доступа в Генбанке	Эталонный штамм рабочей выборки	Уровень сходства с типовым штаммом из Генбанка
B. bassiana sensu stricto	B (2040)	ARSEF 2040	DQ384389	GusB1	100 %
	A (1811)	ARSEF 1811	HQ880696	Sem-3	100 %
	C (1564)	ARSEF 1564	HQ880692	BVes3-06	100 %
	D (7264)	ARSEF 7264	AY883821	ZCmw	100 %
B. pseudobassiana	A (1852)	ARSEF 1852	KM031781	BCu1-06	100 %
	B (1849)	ARSEF 1849	KM031780	Yak-Schch	99,6 %

Таблица 2 Распределение молекулярных гаплотипов *Bloc* штаммов грибов рода *Beauveria* по их встречаемости и месту обитания.

Вид	Гаплотип	Кол-во штаммов	Доля от общего количества культур, %	Встречаемость в стациях, %	
				гигрофитные	ксерофитные
B. bassiana sensu stricto	A	37	21,1	13,6	86,4
	B	18	10,3	11,1	88,9
	C	14	8,0	92,9	7,1
	D	1	0,6	0	100
B. pseudobassiana	A	104	59,4	96,2	3,8
	B	1	0,6	0	100

Оба указанных таксона имеют распространение по всей изучаемой территории и являются ярко выраженными космополитами. При этом доля второго вида была существенно выше по сравнению с первым (60 и 40% соответственно). Анализ происхождения изучаемых штаммов показал, что между указанными таксонами наблюдается четкая экологическая дивергенция (табл. 2). Во всех стациях, близких к ксерофитным со среднегодовыми значениями гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) менее 1 (вне зависимости от широты и долготы местности, а также первичной группы насекомых-хозяев), доля первого вида была существенно выше (78,5% от общего количества его культур) по сравнению со вторым (5%). Напротив, в лесных экосистемах значительно доминирует *B. pseudobassiana*.

Оценка внутривидовой структуры указанных двух видов показала, что *B. pseudobassiana* по указанному локусу характеризуется крайне низкий уровень дивергенции (табл. 2). Подавляющее большинство штаммов вне зависимости от географического и стациального происхождения не различались между собой. Исключение составляет штамм Yak-Schch, изолированный из почвы собранной в лесотундровой зоне Якутии. По всей видимости, этот гаплотип уникален.

Для *B. bassiana sensu stricto* отмечен значительный уровень внутривидовой генетической дивергенции штаммов. В данном случае выявлено четыре гаплотипа (табл. 2). К первому из них относятся 37 культур (52,8% от всей выборки). Штаммы данного гаплотипа имеют широкое географическое распространение (от Краснодарского края до Приморского края и Камчатки). При этом более 86% культур первого гаплотипа имеет степное происхождение (с ГТК менее 1). Для второго наблюдается более ярко выраженная локализация. 15 из 18 штаммов этого гаплотипа были выделены из патологического материала, собранного в сухих степях и полупустынях Жамбыльской, Южно-Казахстанской областей Казахстана (ГТК менее 0,5). Третий по встречаемости гаплотип характерен прежде всего для лесных экосистем (предгорья большого Кавказского хребта, Заилийского и Джунгарского Алатау, а также леса Псковской и Ленинградской обл.) (ГТК более 2). Четвертый, возможно, самый редкий гаплотип (только один штамм - ZCMw) – был выделен из трупа гусеницы стеблевого мотылька рода Ostrinia, найденного в степной зоне Забайкальского края.

В заключение следует отметить, что полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что распространенность видов и внутривидовых форм грибов рода Beauveria в значительной степени обусловлена гидротермическими условиями зоны выделения и как следствие их стациальной приуроченностью. При этом не было выявлено зависимости видовой и популяционной приуроченности штаммов, как от широты и долготы местности сбора, так и от первичной группы насекомых-хозяев.

Таким образом, обнаруженную четко выраженную дивергенцию по гидротермическим преферендумам можно считать экологическим хиатусом не только между указанными видами, но и между некоторыми их внутривидовыми формами.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК № 055

Список литературы

1. Faria MR, Wraight SP. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biol Control. 2007; 43: 237-56.
2. Rehner SA, Minnis D, Sung G-H et all. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus Beauveria. Mycologia. 2011; 103(5): 1055-73.
3. Cai Y, Pu Sh, Nie Y et all. Discrimination of Chinese Beauveria strains by DGGE genotyping and taxonomic identification by sequence analysis of the Bloc nuclear intergenic region. Appl Entomol Zool. 2013; 48: 255-63.

РОД *BOTRYOBASIDIUM* DONK В РОССИИ

Бондарцева М.А.
Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

Род *Botryobasidium* Donk до последнего времени относился к числу мало исследованных кортициоидных грибов, поскольку принадлежит к группе сапротрофов, завершающих разложение древесного отпада на почве, и, таким образом, не имеет важного экономического значения, к тому же мало выразителен внешне. В последние годы интерес к некоторым родам из той же экологической ниши возрос в связи с тем, что молекулярно-генетические исследования последних лет показали, что ряд видов с типично «кортициоидной» структурой оказываются близкородственными или сестринскими группами по отношению к грибам с развитыми базидиомами. Род *Botryobasidium* Donk – один из таксонов такого рода. В 1994 г. была опубликована монография П. Лангер (G. Langer, 1994), в которой была представлена обработка рода в мировом масштабе, однако для территории России подобных исследований не проводилось. В настоящей статье представлен предварительный список видов рода Botryobasidium, найденных в России, с указанием регионов сбора, и, по мере возможности, субстратов и типов местообитаний. Источниками информации послужили образцы, хранящиеся в гербарии БИН РАН (LE), собственные сборы и наблюдения автора, а также опубликованные данные (Бондарцева, Крутов, Лосицкая, 2001; Ежов, 2012; Ежов, Ершов, Руоколайнен и др. 2011; Исаева, Химич, 2001; Косолапов, 2008; Коткова, 2014; Крутов, Руоколайнен, 2010; Попов, Коваленко, Гапиенко и др., 2013; Ребриев, Русанов, Булгаков и др, 2012; Ставишенко, Залесов, 2008; Ширяев, Котиранта, Мухин и др., 2010). Ниже следует список обнаруженных в стране видов.

Botryobasidium Donk,1931, Meded. Nederl. mycol. Ver. 18-20: 66-200, emend. G. Langer, Bibl. Mycol., 1994, 158: 27.

Typus: *Botryobasidium subcoronatum* (v. Hohn. et Litsch.) Donk, Meded. Nederl. Mycol. Ver. 18-20: 117. (*Corticium subcoronatum* v. Hohn. et Litsch., Sitz.-ber. K. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., 116: 822).

Анаморфы (если имеются): *Haplotrichum* Link, *Allescheriella crocea* (Mont.) Hudges, *Oidium* Link.

Botryobasidium aureum Parmasto, Eesti NSV Tead. Akad. Toim., Biol. Seer 14, 2: 220. 1965.

Конидиальная стадия Oidium aureum Fr.

На валежной разрушенной древесине сосны, ели, дуба, граба и вяза в сосновых и лиственных лесах.

Вид был описан Э. Пармасто по материалам из СССР (Татарстана, Грузии, Армении, Азербайджана). Позднее был найден в Архангельской, Орловской, Тверской, Свердловской областях.

Botryobasidium botryosum (Bres.) J. Erikss., Symb. Bot. Ups. 16, 1: 53, 1958. Конидиальной стадии типа Oidium не наблюдается. Растет на всех типах древесины, но предпочитает хвойный субстрат. Встречается в ельниках, сосняках.

Широко распространенный вид. В России найден в Архангельской, Мурманской областях, Республиках Карелия и Коми.

*Botryobasidium candican*s John Eriksson, Svensk. Bot. Tidskr., 52, 1: 6. 1958.

Конидиальная стадия *Oidium candicans* (Sacc.) Linder. На древесине лиственных и хвойных пород, преимущественно в смешанных лесах, во влажных, богатых местообитаниях.

В России известен из Ленинградской, Новгородской, Нижегородской, Орловской, Свердловской, Тверской (ЦЛГПБЗ) областях, в Республиках Карелия и Коми.

Botryobasidium conspersum J. Erikss., Symb. Bot. Ups. 16, 1: 133, 1958.

На гнилой древесине лиственных (ольха, осина) и хвойных (сосна, ель) пород, преимущественно в хороших, увлажнённых местообитаниях.

В России известен из Архангельской и Свердловской областей, а также из аридной зоны юго-запада России.

Botryobasidium ellipsosporum Hol.-Jech., Česká Mycol., 23, 4: 211. 1969.

На валеже ели в старовозрастном смешанном лесу.

В России найден в Свердловской области.

Botryobasidium intertextum (Schw.) Jűlich & Stalpers – Botryobasidium angustisporum Boid., Publ. Mus. Nat. d'hist. natur. 17: 119. 1957.

На древесине преимущественно хвойных (ель, сосна) пород, в нормальных или влажных (*Vaccinium, Hylocomium, Geranium, Equisetum*) хвойных лесах. Относительно редок.

В России известен из Архангельской, Свердловской, Тверской (ЦЛГПБЗ) областей, Республики Коми.

Botryobasidium laeve (J. Erikss.) Parmasto, Eesti NSV tead. Akad. Toimet. Biol. Seer 14: 220. 1965.

Обычно встречается на гнилой древесине лиственных (березы, рябины и др.), реже хвойных (сосны, ели, лиственницы) пород в хвойных и смешанных лесах, а также в сухих местообитаниях.

В России известен из Архангельской, Самарской, Свердловской, Псковской, Тверской (ЦЛБПГЗ) областей и с юго-западных аридных территорий России.

Botryobasidium medium J. Erikss., Symb. Bot. Ups.16: 54. 1958.

На древесине ели (Picea obovata) и сосны сибирской (Pinus sibirica), в ельниках и кедрачах, а также в смешанных елово-мелколиственых лесах, в старовозрастном ельнике с липой и кленом (Свердловская обл.).

В России найден в Архангельской, Самарской, Свердловской, Тверской областях, в Республике Коми.

Botryobasidium obtusisporum J. Erikss., Symb. Bot. Ups.16: 57. 1958.

На древесине хвойных (Picea obovate, Pinus sibirica), реже лиственных (береза) пород в Vaccinium – Hylocomium – Picea (-Pinus) лесах. Довольно обычен.

В России известен из Самарской, Свердловской, Тверской областей, из Республики Карелия.

Botryobasidium pruinatum (BRES.) J. Erikss., Sv. bot. tidskr. 52: 9. 1958. – Botryobasidium botryoideum (Overh.) Parmasto, 1965.

Обычен на древесине лиственных пород, реже встречается на хвойных, в осинниках и ельниках, в богатых влажных биотопах.

В России найден в Архангельской, Псковской и Свердловской областях и Республике Коми.

Botryobasidium subcoronatum (v. Höhn. et Litsch.) Donk, Meded. Nederl. Mycol. Vereen. 18-29:117. 1931.

На гнилой древесине хвойных (Abies sibirica, Picea abies, Pinus sibirica, P. sylvestris) и лиственных (Betula sp., Sorbus aucuparia) пород в широком спектре биотопов, от бедных лишайниковых пустошей до богатых лиственных хвойных лесов. Широко распространен, один из наиболее обычных кортициоидных грибов в лесах всех типов. В России найден в Архангельской, Мурманской, Псковской, Свердловской областях, Республиках Карелия и Коми.

Botryobasidium vagum (Curt. & Berk.) D.P. Rogers, Univ. Iowa Stud. Nat. Hist., 17, 1: 17. 1935. – Botryobasidium botryosum (Bres.) J. Erikss., Symb. Bot. Ups., 16, 1: 53. 1958.

Конидиальная стадия Oidium отсутствует.

Растет на древесине любых пород, но, по-видимому, предпочитает хвойные (Pinus, Picea). Из лиственных пород в России был найден на осине и вязе. Встречается в хвойных и лиственных лесах. Доминирует в условиях деградирующих лесов. Один из наиболее обычных видов на лесном дебрисе. В России зафиксирован в Псковской, Свердловской и Тверской (ЦЛГПБЗ) областях.

Список литературы

1. Langer G. Die Gattung Botryobasidium Donk (Corticiaceae, Basidiomycetes). Bibl Mycol. 158: 459 S.
2. Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М.и др. Флора и фауна заповедников. Вып. 93. Грибы заповедника «Кивач» (аннотированный список видов). М., 2001: 90 с.
3. Ежов О.Н. Афиллофоровые грибы сосны обыкновенной и их значение в лесных экосистемах на территории Архангельской области. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. 148 с.
4. Ежов О.Н., Ершов Р.В., Руоколайнен А.В., Змитрович И.В. Афиллофоровые грибы заповедника «Пинежский». Екатеринбург: УрО РАН. 2011: 147 с.
5. Исаева Л.Г., Ю.Р. Химич. Каталог афиллофороидных грибов Мурманской области. Апатиты: изд-во Кольского научного центра РАН. 2011: 68 с.
6. Косолапов Д.А. Афиллофороидные грибы среднетаёжных лесов Европейского Северо-Востока России. Екатеринбург: УрО РАН. 2008: 230 с.
7. Коткова В.М. Флора и фауна заповедников. Вып. 122. Грибы Центрально-Лесного заповедника.(Аннотированный список видов). М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия, 2014.: 94 с.
8. Крутов В.И., Руоколайнен А.В. Афиллофороидные (дереворазрушающие) грибы государственного природного заповедника «Костомукшский» и его окрестностей. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2010: 22 с.
9. Попов Е.С., Коваленко А.Е., Гапиенко О.С. и др. Микобиота Белорусско-Валдайского поозерья. Москва; СПб: Товарищество КМК. 2013: 399 с.
10. Ребриев Ю.А., Русанов В.А., Булгаков Т.С. и др. Микобиота аридных территорий юго-запада России. Ростов-на-Дону: Изд. Южного федерального университета. 2012: 88 с.
11. Ставишенко И.В., Залесов С.В. Флора фауна природного парка «Самарский Чугас». Ксилотрофные базидиальные грибы. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2008: 104 с.
12. Ширяев А.Г., Котиранта Х., Мухин В.А и др. Афиллофороидные грибы Свердловской области: Биоразнообразие, распространение, экология и IUCN категории. Екатеринбург: Изд. «Гошицкий». 2010: 304 с.

РАЗНООБРАЗИЕ ДОМИНИРУЮЩИХ РОДОВ МИКРОМИЦЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА САМАРА

Овчинникова Т.А.
Самарский государственный университет

Целью настоящей работы было обобщение результатов 14-летних исследований микобиоты на территории города Самары.

Разнообразие доминирующих родов микобиоты оценивалось по совокупности видов, которые были обнаружены на территории города с 2000 по 2014 год. На территории города исследовалась аэромикобиота, микобиота жилых помещений и станций Самарского метрополитена, микобиота почв, микобиота листовой поверхности древесных растений парковых зон. В качестве питательной среды использовали агар Чапека. Оценку аэромикобиоты осуществляли седиментационным осаждением. Модельной площадкой воздух которой тестировался с июня по октябрь чаще всего

была территория Загородного парка. Анализировались также территории еще двух парковых зон, двух автотрасс, пяти экологических постов по контролю за состоянием воздуха, равномерно разбросанных по территории города, территории леса на окраине города, леса в 60-км от города, всего 35 экспозиционных точек. Исследовалась также аэромикофлора трех станций Самарского метрополитена, квартир жилых домов, микобиота почв (посевом почвенной суспензии 1:10) центральной части города, а также микофлора листовой поверхности древесных растений (посевом водных смывов с листовой поверхности).

Микобиота города Самары включала представителей всех основных отделов грибов. Наиболее разнообразный видовой состав и одновременно наибольшая встречаемость была характерна для представителей несовершенных микромицетов: *Alternaria* (8 видов), *Aspergillus*(11 видов), *Penicillium* (9 видов), *Paecillomyces* (3 вида), *Cladosporium* (3 вида), Fusarium (4 вида).

В состав рода *Alternaria* Nees. входит несколько десятков видов среди которых имеются сапротрофы и узко и широко специализированные патогены высших растений. Идентификация 235 предполагаемых колоний альтернарий, выделенных их воздуха города, обнаружила 8 видов. Постоянно присутствующими и наиболее мночисленными были мелкоспоровые виды *Alt. alternata* и *Alt. tenuissima,* часто сапротрофы, но способные проявлять себя как патогены со слабо выраженной специализаций по отношению к организму-хозяину. Три патогенных вида – *Alt. brassicicola* (экономически значимый патоген, обнаруженный в значительных количествах в летний сезон 2000 года), *Alt. raphani* и *Alt. brassicae* (часто обнаруживаемый в воздухе города в незначительных количествах). Три вида слабых патогенов с широким спектром хозяев *Alt. chartarum, Alt. consortiale*, виды часто доминирующие в осенний период на территории города удельная доля присутствия в аэропланктоне достигала 25 и 31% (от общей численности грибов) соответственно. Третий вид из числа слабых патогенов – Alt. radicina, и встречался в единичных случаях [1].

На территории города нами было обнаружено 11 видов аспергиллов. Представители рода Aspergillus при посеве из воздуха были разнообразны, но присутствовали на агаре Чапека чаще в виде единичных колоний. Наиболее многочисленными видами аспергиллов в воздушной среде города были – *Asp. candidus, Asp. flavus, Asp. ochraceus*. В осенне-зимний период в воздушной среде и снеговом покрове обнаруживались такие виды аспергиллов как *Asp. candidus, Asp. fumigatus, Asp. wentii, Asp. glaucus*. В почве центральной части города удельная доля аспергиллов растет по сравнению с воздушной средой. Доминирующими видами почвы становятся *Asp. ochraceus, Asp. fumigatus* и Asp. restrictus. Доминирующей группой микромицетов в городской среде в сухие и жаркие годы становятся аспергиллы, наиболее многочисленными видами были – Asp. ochraceus и Asp. niger [2]. В жилых помещениях часто доминируют аспергиллы, особенно во влажных ванных и жилых комнатах в зимний период года, когда отсутствует активный приток грибных пропагул с улицы за счет проветривания – Asp. flavus, Asp. versicolor.Аспергиллы представляли доминирующую группу микромицетов (около 25%) и воздушной среде станций Самарского метрополитена. Наиболее многочисленным были Asp. flavus. Asp. fumigatus – это условно-патогенные грибы 2 группы по шкале BSL, большинство колоний Asp. flavus,выделенные на агар Чапека, обладали высокой способностью к экскреции красного пигмента, что является показателем стрессового состояния гриба. Однако численность этих грибов в воздушной среде перрона не превышала опасных для человека значений.

Также разнообразными, но относительно немногочисленными на территории города были представители рода *Penicillium*. Доминирующими видами были *Pen. chrysogenum, P. cyclopium, P. citrinum,немногочисленными P. nigricans, P. adametzi, P. cianeum, P. racilorskii.* Относительно многочисленными и разнообразными были пенициллы в почве, помимо вышеперечисленных в почве были обнаружены P. albo-cinerascens, P.funco-flavum.

Следующим по уровню доминирования был род Paecilomyces. Особенно многочисленными песеломицесы были во влажные годы – *Paec. inflatus, Paec. carneus*, редким Paec. marquandi. Также постоянно многочисленными были представители рода Fusarium, обнаруживаемые в воздухе и почве, 4 вида, идентифицированные нами, это факульътативные паразиты высших растений – *F. semitectum, F. sporotrichella, F. oxysporum, F. solani*. Род Cladosporium был представлен 3 видами, два из которых – *C. cladosporiodes, C. herbarum* бывали многочисленными, а редким был вид *C. artroseptum*.

Виды микобиоты городской среды Самары, отмеченные нами как многочисленные или часто встречаемые являются также характерными доминантами для городов средней полосы и юга России[3].

Список литературы

1. Овчинникова Т.А. Грибы рода Alternaria как доминанты аэропланктона городской среды. Тр. XIII съезда бот. общ. Тольятти. 2013; 1: 164-66.
2. Овчинникова Т.А., Кремс Е.В., Корчиков Е.С. Сезонная динамика микобиоты листовой поверхности древесных растений городской среды. Вестн. Самарского гос. унив. 2013; 6: 188-97
3. Марфенина О.Е Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Нац. акад. микол. 2005: 195 с.

МИКРОМИЦЕТЫ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРНЫХ СИСТЕМ СНЕЖНАЯ И МЧИШТА

Мазина С.Е.[1], Горяева О.В.[1], Концевова А.А.[2], Тальберг П.И.[3]
[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
[2]ВНИИ Ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, Москва
[3]Российский университет дружбы народов, Медицинский институт, Москва

В результате посещений карстовых пещер человеком меняется видовой состав и количество микробиоты, в том числе и микромицетов, увеличивается число сопутствующих человеку видов. При нахождении человека в пещере его организм подвергается воздействию не только экстремальной среды, но и микроорганизмов, обитающих под землей.

Цель работы – исследование видового состава и патогенности микромицетов пещерных систем Снежная (Снежная-Меженного-Иллюзия) и Мчишта (Мчишта-Акшаша).

Пещерная система Снежная расположена в южной части Хипстинского карстового массива (Абхазия), имеет глубину 1753 м и протяженность боле 1900 метров. Полость заложена в толстослоистых известняках. Пещера имеет три известных входа (Снежная, пещера имени Меженного, Иллюзия), которые представляют собой вертикальные колодцы. На глубине около 1000 м пещерный ход становится более пологим, полость приобретает вид меандрирующего хода с каскадами колодцев и завалами.

В этой части по пещере протекает подземная река с меженным расходом воды 200 л/сек, которая продолжается до пещерной системы Мчишта (установлено методом трассирования вод). Пещера Мчишта является крупнейшим карстовым источником Кавказа. Температура воздуха в пещере составляет 4-6 °С, влажность 60–100%. Пещера посещается с 1971 г.

Проведено исследование микромицетов подземных полостей. Анализировали воздух, глинистые и вторичные минеральные отложения, породы и водные потоки пещер.

Наименьшее видовое богатство отмечено в воздухе полостей (16 видов), число КОЕ в воздухе коррелировало с интенсивностью посещений пещер человеком и колебалось от 200 до 14000/м^3. Количество микромицетов в водных потоках зависело от мощности потока и способа его питания. В основной реке Снежной и ее крупных притоках число КОЕ микромицетов колебалось от 0 до 400 КОЕ/100 мл. В подземной реке Мчишты число микромицетов было значительно выше от 30 до 1200 КОЕ/100 мл. В ванночках и водокапах число микромицетов зависело от степени антропогенного воздействия и колебалось от 0 до 60 в Снежной и от 5 до 300 КОЕ/100 мл в Мчиште, а видовой состав соответствовал видам, выделяемым из воздуха и грунтов, располагающихся в непосредственной близи от воды.

В подземном водотоке видовой состав менялся в боковых притоках, значительно повышался во время и после паводков. В период межени состав видов был относительно постоянным – 9 видов были общими для реки Снежной и Мчишты. Отмечено, что в образцах субстратов Снежной видовой состав микромицетов повышался по мере увеличения глубины от 3 до 8 видов. На участках с высокой антропогенной нагрузкой число видов, выделяемых из одного образца глинистых отложений, доходило до 15. В паводковых глинистых отложениях вблизи реки количество микромицетов было минимальным.

Наибольшим числом видов представлены роды *Aspergillus* и *Penicillium*. Наибольшую встречаемость имели виды *Aspergillus flavus Link, Aspergillus niger van Tieghem, Candida albicans (Robin) Berkhou, Cladosporium cladosporioides (Fres.) de Vries, Cladosporium herbarum (Persoon) Link, Geomyces pannorum (Link) Sigler et J.W. Carmichael, Rhizopus microsporus* van Tieghem.

В общей сложности в двух пещерных системах выделено более 30 видов микромицетов, причем 14 видов относились к патогенным или условно патогенным для человека. Проведенные тесты на патогенность (выращивание при 37 °С) показали, что 58% выделенных линий могут развиваться при температуре тела человека.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ГРИБОВ В ДОННЫХ МОРСКИХ ГРУНТАХ С ПОМОЩЬЮ МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЧУКОТСКОГО МОРЯ)

Бубнова Е.Н., Коновалова О.П.
Московский государственный университет, Москва

В исследовании разнообразия грибов в донных грунтах Чукотского моря, мы применили вторую схему: на этапе выявления видового состава были использованы культуральные методы; молекулярные – применялись для идентификации части культур, которые не поддавались морфологической идентификации.

Материал – 22 образца донных илов, отобранных в авг.–сент. 2012 г. в ходе реализации программы «RUSALCA-2012» судном «Профессор Хромов». Отбор проб осуществлялся с помощью бокс-корера и дночерпателя Ван-Вина, небольшие объёмы грунта брали из верхних 2 см для микологического анализа.

Для выявления видового состава были использованы культуральные методы. Посев проводили на среду с морской солью, двумя способами: комочками и суспензией. Общий объём исследованных грунтов составил по 1 мл на образец. Чашки с посевами инкубировали при температуре +6 °С в течение 2 мес. После чего выделяли чистые культуры и идентифицировали их. Для первоначальной идентификации применяли обычные морфолого-культуральные процедуры. В результате большая часть культур была идентифицирована с высокой степенью надёжности. Часть культур осталась сомнительной. В эту группу попали стерильные изоляты, а также культуры с неясными морфлогическими признаками, всего 34.

Для уточнения таксономического положения исследуемых изолятов был секвенирован участок последовательности ITS1-ITS2 кластера генов рДНК. Для обработки результатов секвенирования, выравнивания и построения филогенетических деревьев был использован пакет программ CodonCodAligner. Для выравнивания и анализа секвенированных последовательностей использовали программу MEGA 6.0 и базу данных GenBank с портала http:.www.ncbi.nlm.nih.gov/. Филогенетическое древо было построено с использованием алгоритма максимального правдоподобия (Maximum Likelihood).

Общее число выделившихся колоний грибов было крайне невелико. Всего на всех чашках с посевами выросло 150 колоний. Число колоний на один образец (1 мл грунта) в большинстве случаев не превышало 10, из нескольких образцов выделилось всего по 1 колонии. Заметим, что численность колоний бактерий и дрожжей также была крайне низкой, в большинстве образцов они вообще не выросли. Такая численность грибов в донных грунтах ниже, чем практически во всех исследованных ранее случаях – в Белом, Баренцевом и Карском морях. А также и в более южных морях по данным других исследователей. Возможно, это обусловлено особой суровостью условий в Чукотском море. С другой стороны, ранее уже было замечено, что большее число пропагул грибов обнаруживается на участках морского дна, находящихся недалеко от эстуариев рек или ручьёв. В случае Чукотского моря пресный сток с суши весьма незначителен. Реки, впадающие сюда, малочисленны и маловодны. Как следствие, поступление пропагул также невелико.

При такой небольшой численности, исследованная микобиота демонстрирует чрезвычайно высокое разнообразие. Общее число выделенных морфотипов грибов составляет 57. Из одного образца выделялось от 1 до 9 морфотипов. При этом большинство из них были представлены 1-4 колониями. Неожиданным фактом явилось большое число колоний Aspergillus flavus (26), хотя он и выделился всего из 3 образцов, а большинство колоний (24) – из одного. Ожидаемо много представителей рода *Penicillium*. Они преобладают как по численности, так и по разнообразию: 45 колоний 8 видов, выделены из 19 образцов. Вид *Scopulariopsis hibernica* был выделен из 3 образцов, общим числом 7 колоний, а два вида из рода *Cladosporium* – 12 колоний из 6 образцов. 19 морфотипов не дали в культуре никаких спороношений, поэтому были включены в молекулярно-генетический анализ.

При его использовании далеко не все морфотипы удалось идентифицировать до уровня вида. Таких, хорошо идентифицированных, морфотипов оказалось только 12. Три из них были стерильными, остальные давали в культуре различные спороношения. Три из идентифицированных таким образом видов относятся к базидиальным грибам (*Trametes versicolor* и *Bjerkandera adusta* из порядка Polyporales и Sistotrema raduloides из порядка Corticiales), остальные – к различным порядкам аскомицетов. Что касается тех морфотипов, которые не удалось точно идентифицировать даже с помощью молекулярных методов, то один из них отнесён к базидиомицетам (*Psilocybe* sp. KRP22, изначально стерильный), а остальные – различным порядкам аскомицетов. Число порядков, при использовании молекулярных методов, увеличилось на два.

Кроме того, применение молекулярных методов привело нас к заключению о более широком, чем предполагалось, распространении представителей порядка Helotiales (частично из стерильных) и Pleosporales (также частично из стерильных). Несколько морфотипов могли быть идентифицированы только до уровня порядка (например, *Helotiales* sp. WMM-2012c isolate 24m, или Uncultured soil fungus clone RS5M5c23P из Pleosporales). Это связано с явной недостаточностью информации, содержащейся в базах данных, в частности, в ГенБанке.

Несомненно, применение молекулярных методов существенно расширяет наши представления о разнообразии грибов в донных грунтах арктических морей, а также о соотношении различных групп грибов. Учитывая, что стерильные морфотипы очень часто выделяются из донных грунтов, молекулярные техники – реальный способ разобраться с их таксономическим положением. Вместе с тем, недостаток данных в базах не позволяет сделать это со 100% точностью. Но, вместе с тем, и открывает широчайшее поле для дальнейших исследований. Во-первых – это, несомненно, полезная работа по дополнению уже имеющихся баз и коллекций. И во-вторых – возможное описание новых видов, гены которых уже были ранее обнаружены в других субстратах. И самое увлекательное – соединение культуральных и молекулярных техник для более полного описания разнообразия микобиоты.

Авторы выражают признательность д.б.н. К.Н. Кособоковой (ИО РАН им. П.П. Ширшова) за организацию сбора материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-04-02722а).

ПЕРВАЯ НАХОДКА *HYPOCREOPSIS LICHENOIDES* (ASCOMYCOTA) В СИБИРИ

Капитонов В.И.
Тобольская комплексная научная станция УрО РАН

В ходе изучения микобиоты окрестностей научно-исследовательского стационара «Миссия» Тобольской комплексной научной станции Уральского отделения РАН в сентябре 2012 г. был выявлен сумчатый гриб *Hypocreopsis lichenoides* (Tode) Seaver (Hypocreaceae, Hypocreales). Эта находка является первым достоверным указанием данного вида для Сибири.

Этикетка гербарного образца: Тюменская обл., Уватский р-н, в 6,3 км к ЮЗ от с. Горнослинкино, темнохвойно-мелколиственный лес, на сухостойном стволе черемухи птичьей (*Padus avium*). 14 IX 2012. В.И. Капитонов. № Р9144531.

Hypocreopsis lichenoides – относительно редкий ксилотрофный аскомицет, произрастающий на отмерших сухостойных и валежных ветвях и тонких стволах различных лиственных, реже хвойных пород, часто пораженных псевдохете табачно-бурой (*Pseudochaete tabacina*).

Вид распространен по всему северному полушарию [1, 2], известен в Северной Америке из Канады и США [3], в Европе из Литвы, Швеции, Норвегии, Финляндии, Дании, Нидерландов, Франции, Германии, Великобритании, Швейцарии, Чехии, Польши [4–8], в Азии из Китая [9]. На территории России распространение вида характеризуется обширными дизъюнкциями, как в европейской, так и в азиатской части ареала.

Большинство находок гипокреопсиса лишайниковидного сделано на Северо-Западе России в пределах Ленинградской, Новгородской и Архангельской областях, а также Республики Карелия [10, 11].

На российском Дальнем Востоке вид обнаружен в Хабаровском крае, Магаданской и Амурской областях [12, 13]. До последнего времени на обширном пространстве между европейским и дальневосточным частями ареала было известно единственное местонахождение вида на Среднем Урале (Красноуфимский р-н Свердловской области) [14].

Находка *Hypocreopsis lichenoides* в Тюменской области позволяет высказать предположение о более широком распространении вида в азиатской части ареала.

Список литературы

1. Strid A. Hypocreopsis lichenoides (Tode ex Fr.) Seaver, a rare ascomycete. Svensk Botanisk Tidskrift. 1967; 61: 79-87.
2. Rossman AY, Samuels GJ, Rogerson CT, Lowen R. 1999. Genera of Bionectriaceae, Hypocreaceae and Nectriaceae (Hypocreales, Ascomycetes). Stud Mycol. 42: 1-248.
3. Seaver F. The Hypocreales of North America. III. Mycologia. 1910; 2(2): 48-92.
4. Gricius A. On finding of Hypocreopsis lichenoides (Tode ex Fr.) Seaver in Lithuania. Summary. Lietuvos TSR Mokslų akademijos darbai. 1973; 1(61): 27-8.
5. Niemelä T, Nordin I. Hypocreopsis lichenoides (Ascomycetes) in North Europe. Karstenia 1985. 25: 75-80.
6. Nordic Macromycetes. Vol. 1. Ascomycetes. (Ed. L. Hansen, H. Knudsen). Copenhagen: Nordsvamp. 2000: 309 p.
7. Kotlaba F, Pouzar Z. Masenka lišejníkovitá – Hypocreopsis lichenoides (tvrdohouby) nalezena v Čechách [Hypocreopsis lichenoides (Pyrenomycetes) found in Bohemia]. Mykol. Listy. 2003. 86: 4-8.
8. Stasińska M. Hypocreopsis lichenoides (Fungi, Ascomycetes) in Poland. Plant Div Evol. 2011; 129: 301-6.
9. Dai Yu-Cheng, Bau T. Hypocreopsis lichenoides (Ascomycetes) New to China. J Fung Res. 2007; 5(2): 63-5.
10 Смирнов Л.Э., Кривошеев С.В., Ганнибал Ф.Б. Грибы Ленинградской области и Санкт-Петербурга. СПб: Региональный издательский дом, 2012. 320 с.
11. Попов Е.С., Арсланов С.Н. 2014. Новые данные об аскомицетах Новгородской области. Нов. сист. низш. раст. 48: 204-18.
12. Васильева Л.Н. Низшие растения, грибы и мохообразные Дальнего Востока России. Грибы. Т.4. Пиреномицеты и локулоаскомицеты. СПб: Наука. 1998: 419 с.
13. Красная книга Магаданской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. РАН, Дальневост. отделение. Отв. ред. И.А. Черешнев. Магадан. 2008: 429 с.
14. Сирко А.В. Новые и редкие виды сумчатых грибов во флоре Урала. Пиреномицеты. Новости сист. низш. раст. 1976; 13: 126-32.

СОСТОЯНИЕ ДВУХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *PHALLUS IMPUDICUS* L. В НОКУЗНЕЦКОМ РАЙОНЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Филиппова А.В., Ковригина Л.Н., Тарасова И. В., Романова Н.Г.
Кемеровский государственный университет

В Красную книгу Кемеровской области (2012) занесено 138 видов высших растений, 9 видов лишайников, 18 видов грибов, в том числе – веселка обыкновенная – *Phallus impudicus* L., статус 3. Этот вид также охраняется на территории еще 11 субъектов Российской Федерации с тем же статусом (Красные книги…, 2014).

Веселка обыкновенная является голарктическим видом и распространена в Европе, Азии, Северной Америке. В России встречается в Мордовии, на Кавказе, в Краснодарском крае, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке (Шварцман, Филимонова, 1970; Сосин, 1973; Грибы СССР, 1980). В Кемеровской области вид отмечен в Кемеровском, Крапивинском, Яйском, Яшкинском районах.

Гумусовый сапротроф. Неморальный реликт хвойно-широколиственных лесов третичного периода. Встречается в лиственных, хвойных и смешанных лесах, по опушкам, среди кустарников на известковых и кислых песчаных почвах, в рудеральных местообитаниях на богатой гумусом почве (Грибы СССР, 1980; Переведенцева, 2008; Красная книга Красноярского…, 2012). Уничтожение местообитаний вида в результате хозяйственной деятельности, а также сбор населением в качестве лекарственного сырья может привести к его исчезновению. Предполагается, что веселка достаточно требовательна к климатическим условиям (Коваленко, 2007).

Согласно ряду официальных документов (Закон Кемеровской области № 56-ОЗ от 03.08.2000, Постановление Коллегии Администрации Кемеровской области № 98 от 06.10.2005) для видов, занесенных в Красную книгу, предусмотрен мониторинг их состояния, также включающий поиск новых мест обитания.

Мониторинговые исследования состояния видов растений и грибов, занесенных в Красную книгу Кемеровской области, проводились в рамках мероприятия «Ведение Красной книги Кемеровской области», предусмотренного государственной программой Кемеровской области «Экология и природные ресурсы Кузбасса» на 2014–2016 гг., утвержденной Постановлением Коллегии Администрации Кемеровской области № 460 от 25.10.2013 г.

Исследования проводились коллективом преподавателей и сотрудников кафедры ботаники Кемеровского государственного университета летом 2014 года на территории Ленинск-Кузнецкого, Новокузнецкого и Промышленновского районов Кемеровской области.

В Новокузнецком районе были обнаружены две ценопопуляции веселки обыкновенной, не указанные в Красной книге Кемеровской области (2012): в 7 км на юг от д. Осиновое плёсо, 54°08.512′ с. ш., 87°35.968′ в. д., высота 236 м н. у. м. и в окрестностях с. Костенково, за территорией ГАОУ ДОД Кемеровской области «Детский оздоровительно-образовательный (профильный) центр «Сибирская сказка», 53°38.890′ с. ш., 86°49.351′ в. д., высота 319 м н. у. м.

Фенофаза веселки обыкновенной на момент наблюдения (конец июля – начало августа) – образование плодовых тел. Счетной единицей служили базидиомы. Определяли количество плодовых тел (молодых – «яйцо», зрелых, разложившихся).

Ценопопуляция №1 находилась в лесу березово-пихтово-осиновом с примесью кедра. Хорошо развит подлесок. Травостой высокотравно-папоротниковый: *Aegopodium podagraria* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Cacalia hastata* L., *Crepis sibirica* L., *Oxalis acetosella* L. и др. Проективное покрытие 50–80%. Сомкнутость крон 0,8. Подстилка хорошо развита.

На почве, под крупной пихтой, веселка образует «ведьмин круг». Обнаружено 1 зрелое плодовое тело и 2 молодых плодовых тела в стадии яйца. Плотность ценопопуляции 3 плодовых тела на 1 м^2.

Ценопопуляция №2 имела несколько локусов, которые находились в старовозрастных насаждениях сосны обыкновенной с примесью ели сибирской, пихты сибирской. Травянистый покров папоротниково-снытиево-крапивный. Подстилка хорошо развита. Много замшелого валежа. В травостое: Bupleurum aureum Fisch. ex Hoffm., Majanthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt, Aegopodium podagraria L., Fragaria vesca L., Equisetum sylvaticum L., Paris quadrifolia L. и др. Локусы численностью от 2 до 33 плодовых тел и площадью от 2 до 18 м^2 расположены на расстоянии до 500 м друг от друга. В большинстве случаев локусы образуют «ведьмины круги». Самый многочисленный локус насчитывал 33 базидиомы. Диаметр «ведьминого круга» составил 1,9 × 3,4 м. Количество зрелых плодовых тел – 2, молодых, в стадии яйца – 27, разложившихся – 4.

Средняя плотность ценопопуляции составила 2 плодовых тела на 1 м^2. Характер размещения генет в ценопопуляции – групповой (Iod = 79,1). В среднем в одном локусе плодовых тел 11,2±5,62 штук, из них на стадии яйца – 7,6±4,88 штук; зрелых – 1,8±0,37 штук; разложившихся – 2,2±0,97 штук. Высота зрелых плодовых тел находилась в пределах от 15 до 20 см.

На месте ценопопуляции № 1 ведется активная заготовка леса, возможно, несанкционированная. На расстоянии около 500 м от локуса почти полностью уничтожен растительный покров. Из-за вырубки леса отмечено изменение режима освещения, гидрологического режима, уплотнение и разрушение почвенного покрова и др. В связи с чем, вероятность уничтожения ценопопуляции веселки вместе с участком леса достаточно велика.

На месте ценопопуляции №2 отмечается достаточно высокая рекреационная нагрузка, так как данный участок леса часто посещается жителями близлежа-

щих окрестностей с целью сбора грибов, а также экскурсионными группами на Голубые скалы. Локусы находятся вблизи проселочной дороги и тропинок, по которым ежедневно проходят экскурсионные группы и местные жители. Поэтому вероятность исчезновения некоторых локусов достаточно велика.

Достоверных сведений о применении веселки как лекарственного средства среди местного населения найти не удалось.

Согласно нашим наблюдениям, снижение уровня антропогенной нагрузки на обе ценопопуляции в ближайшее время не предвидится. Поэтому необходим контроль за состоянием обнаруженных популяций, по мере возможности регулирование антропогенной нагрузки, разработка мероприятий по сохранению естественных местообитаний вида, а также рассмотрение возможности культивирования мицелия с целью восстановления популяций в нарушенных фитоценозах.

Список литературы

1. Красная книга Кемеровской области. В 2 т. Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Сост.: Т.Е. Буко и др. Кемерово. 2012: 208 с.
2. Красные книги. Особо охраняемые природные территории России (ИАС «ООПТ РФ»). 2014. Режим доступа: http:.oopt.aari.ru/rbdata, свободный.
3. Шварцман С.Р. Филимонова Н. М. Флора споровых растений Казахстана. Т. 6. Гастеромицеты – Gasteromycetes. Алма-Ата. 1970: 318 с.
4. Сосин П.Е. Определитель гастеромицетов СССР. Л.: Наука. 1973: 164 с.
5. Грибы СССР. М. В. Горленко, М. А. Бондарцева, Л. В. Гарибова и др.; отв. ред. М. В. Горленко. – М.: Мысль, 1980: 303 с.
6. Переведенцева Л.Г. Веселка обыкновенная – Phallus impudicus. Красная книга Пермского края, 2008–2010. Режим доступа: http:.info.permecology.ru/REDBOOK/008_fungi.aspx?p=8, свободный.
7. Красная книга Красноярского края. В 2 т. Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. сост.: Н. В. Степанов и др. Красноярск. 2012: 572 с.
8. Коваленко А.Е., Сопина (Кияшко) А.А. Веселка обыкновенная. Красная книга Краснодарского края. Департ. биол. ресурсов и охраны окруж. среды Краснод/ края, 2007–2008.: http:.www.dprgek.ru/redbook/detail.php-ID_SPEC=15493.htm.
9. Закон Кемеровской области № 56-ОЗ от 03.08.2000 «О Красной книге Кемеровской области» (ред. от 04.06.2007 N 62-ОЗ, от 17.07.2007 N 113-ОЗ, от 30.04.2013 N 46-ОЗ, от 11.03.2014 №16-ОЗ).
10. Постановление Коллегии Администрации Кемеровской области №98 от 06.10.2005 «О порядке ведения Красной книги Кемеровской области и комиссии по охране редких и находящихся под угрозой исчезновения животных, растений и грибов» (в ред. постановления Коллегии Администрации Кемеровской области от 30.10.2007 № 302).
11. Постановление Коллегии Администрации Кемеровской области №460 от 25.10.2013 «Об утверждении государственной программы Кемеровской области «Экология и природные ресурсы Кузбасса» на 2014–2016 годы».

АГАРИКОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ ПРОИОНЕЖСКОГО РАЙОНА, РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ

Предтеченская О.О.

Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

Изучение видового разнообразия шляпочных грибов в Карелии ведется с середины 30-х гг. XX века. В настоящее время на территории республики зарегистрировано 774 видов агарикоидных базидиомицетов, относящихся к 113 родам, 31 семейству, 4 порядкам. Систематическое положение таксонов приведено в соответствии с данными интернет-ресурса Index Fungorum (www.indexfungorum.org) [1].

В последние годы основное внимание уделялось микобиоте особо охраняемых территорий Карелии, как действующих, так и планируемых. В то же время, накапливаются данные и о биоразнообразии грибов различны административных районов. Так, достаточно много сборов грибов проведено в последние в Прионежском районе Республики Карелия. Территория Прионежского района на востоке и северо-востоке ограничена Онежским озером и Петрозаводским городским округом, на севере и северо-западе граничит с Кондопожским и Медвежьегорским районами, на западе с Пряжинским районом, а на юге – с Ленинградской областью.

Согласно биогеографическому районированию, данная территория расположена в Шокшинском флористическом районе [2] или биогеографической провинции Karelia olonetsensis (Kol) [3]. Хвойные леса представлены в основном ельниками и сосняками различных типов. Нами были обследованы леса, примыкающие к г. Петрозаводску, лесные массивы в районе Косалмы, Шуйской Чупы, Заозерья, а также лесные экосистемы Вепсской волости на границе средней и южной подзон тайги [4], где наряду со вторичными хвойными, мелколиственными и смешанными лесами, широко представленными в этом регионе, нередко встречаются уникальные для республики лесные

сообщества с элементами неморальной растительности: клена остролистного (*Acer platanoides*), липы мелколистной (*Tilia cordata*), вязов шершавого (*Ulmus glabra*) и гладкого (*U. laevis*), произрастающих вблизи северной границы их ареала.

На исследованной территории зарегистрированы 200 видов агарикоидных базидиомицетов из 58 родов, 26 семейств, 3 порядков. Собранные образцы хранятся в гербарии Института леса Карельского научного центра РАН (PTZ) (таблица).

Наибольшее количество видов отмечено для семейств Cortinariaceae, Tricholomataceae, Russulaceae. Из видов, включенных в Красную книгу Республики Карелия [5], отмечены *Amanita virosa* (Fr.) Bertill., *Cortinarius sanguineus* (Wulfen) Fr., *C. violaceus* (L.) Gray, *Lepista nuda* (Bull.) Cooke, *Leccinum percandidum* (Vassilkov) Watling, *Macrolepiota procera* var. procera (Scop.) Singer, Phaeolepiota aurea (Matt.) Maire, Pholiota squarrosa (Vahl) P. Kumm., Stropharia aeruginosa (Curtis) Quél. Причем, Ph. aurea, часто встречаюшаяся массово вдоль лесных дорог, зарегистрирована только в этом районе и на территории Петрозаводска.

По трофической принадлежности среди агарикоидных грибов преобладают микоризообразователи (110 видов, 53,4%), что характерно для бореальных лесов. Из сапротрофов преобладают ксилотрофы (42 вида, 20,4%) и подстилочные сапротрофы (13,6%). Распределение грибов по трофической принадлежности в целом соответствует структуре агарикоидной микобиоты Карелии (рис.).

Из микоризообразователей только с березой связаны 26 видов, с сосной – 36, елью – 12, с осиной – 4.

Съедобны 79 видов, 31 – ядовиты, 14 обладают лечебными свойствами [6, 7]. При этом в Карелии традиционно употребляют в пищу не более 30 видов грибов, в основном, это белые грибы, подосиновик, маслята,

Таблица. Таксономическая структура агарикоидных базидиомицетов Прионежского района.

Порядок, семейство (количество родов/количество видов)	Роды (количество видов)
Agaricales	
Agaricaceae (5/7)	*Agaricus (1), Cystoderma (2), Lepiota (2), Macrolepiota (1), Phaeolepiota (1)*
Amanitaceae (1/7)	*Amanita (7)*
Cortinariaceae (2/27)	*Cortinarius (25), Hebeloma (2)*
Cyphellaceae (1/1)	*Cheimonophyllum (1)*
Entolomataceae (1/5)	*Entoloma (5)*
Hydnangiaceae (1/3)	*Laccaria (3)*
Hygrophoraceae (3/10)	*Ampulloclitocybe (1), Hygrocybe (4), Hygrophorus (5)*
Inocybaceae (3/7)	*Crepidotus (2), Inocybe (4), Phaeomarasmius (1)*
Lyophyllaceae (2/3)	*Calocybe (1), Lyophyllum (2)*
Marasmiaceae (5/13)	*Gymnopus (5), Marasmius (4), Megacollybia (1), Mycetinis (1), Rhodocollybia (2)*
Mycenaceae (3/15)	*Mycena (13), Panellus (1), Xeromphalina (1)*
Physalacriaceae (2/2)	*Armillaria (1), Flammulina (1)*
Pleurotaceae (1/2)	*Pleurotus (2)*
Pluteaceae (1/2)	*Pluteus (2)*
Psathyrellaceae (3/4)	*Coprinellus (2), Coprinopsis (1), Psathyrella (1)*
Strophariaceae (7/20)	*Agrocybe (1), Galerina (3), Gymnopilus (2), Hypholoma (4), Kuehneromyces (1), Pholiota (6), Stropharia (3)*
Tricholomataceae (4/15)	*Clitocybe (5), Lepista (1), Tricholoma (7), Tricholomopsis (2)*
Boletales	
Boletaceae (3/14)	*Boletus (5), Leccinum (8), Tylopilus (1)*
Gomphidiaceae (2/3)	*Chroogomphus (1), Gomphidius (2)*
Hygrophoropsidaceae (1/1)	*Hygrophoropsis (1)*
Paxillaceae (1/1)	*Paxillus (1)*
Rhizopogonaceae (1/1)	*Rhizopogon (1)*
Strobilomycetaceae (1/1)	*Chalciporus piperatus (1)*
Suillaceae (1/4)	*Suillus (4)*
Tapinellaceae (1/1)	*Tapinella (1)*
Russulales	
Russulaceae (2/31)	*Lactarius (17), Russula (14)*
26 (58/200)	200

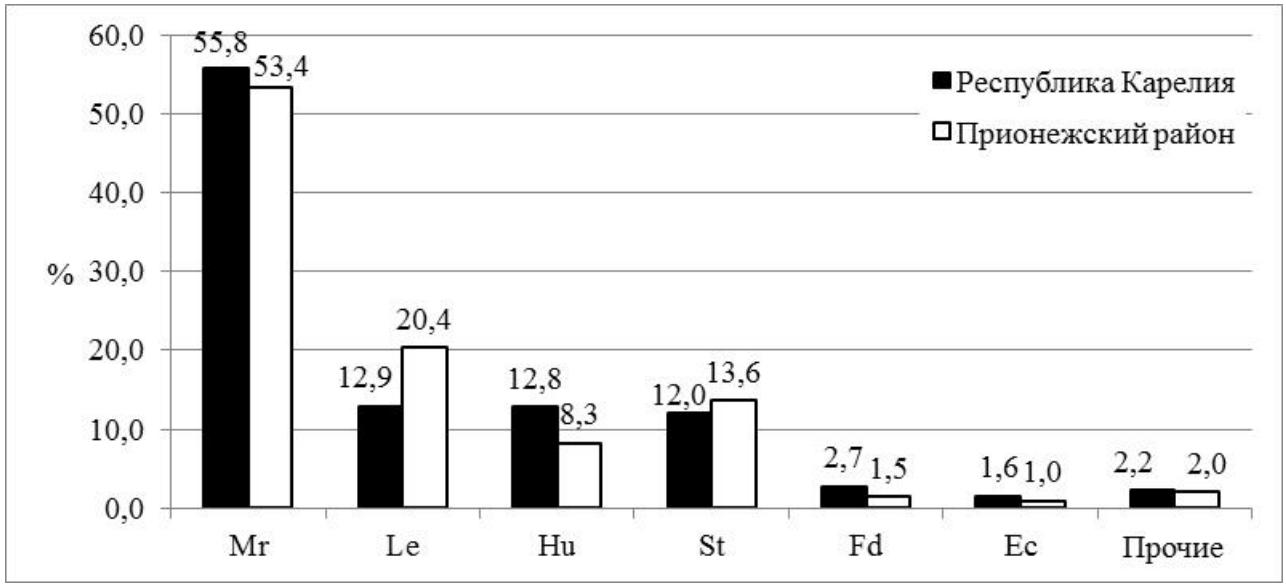


Рисунок. Эколого-трофические группы агарикоидных базидиомицетов.
Условные обозначения: Mr – микоризообразователи, Le – ксилосапротрофы, Hu – гумусовые сапротрофы, St – подстилочные сапротрофы, Fd – сапротрофы опада, Ec – копротрофы.

некоторые виды млечников – груздь настоящий, волнушка розовая, реже серушка и гладыш. Достаточно редко собирают груздь черный, желтый, горькушу, сыроежки, моховики, опенок осенний. Остальные виды съедобных агарикоидных грибов используются крайне редко.

В целом, микобиота Прионежского района достаточно типична для Карелии. Наибольший интерес представляют районы вблизи границы Ленинградской области, расположенные в зоне южной тайги, где были отмечены такие редкие для Карелии виды, как *Amanita virosa, Cortinarius sanguineus, Macrolepiota procera var. procera, Phaeolepiota aurea*, а также была сделана единственная находка Geastrum triplex Jungh. [4].

Список литературы

1. Index Fungorum. CABI Database. URL: http:.www.indexfungorum.org, 2015 (дата обращения: 10.02.2015)
2. Раменская М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л., 1983. 216 с
3. Mela AJ, Cajander AK. Suomen kasvio. Helsinki. 1906: 763 p.
4. Предтеченская О.О. Шляпочные грибы, дождевики и сумчатые грибы. В сб: Природные комплексы Вепсской волости: особенности, современное состояние, охрана и использование. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005: 141-49.
5. Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. 368 с.
6. Гарибова Л.В. Грибы. Более 100 видов съедобных, условно съедобных и ядовитых грибов. М. 2004: 352 с.
7. Переведенцева Л.Г. Лекарственные грибы Пермского края. Пермь: ООО «Проектное бюро "Рейкьявик"». 2011: 146 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ КСИЛОТРОФНЫХ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Волобуев С.В.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

До недавнего времени знания об экологии дереворазрушающих грибов практически полностью были основаны на находках их плодовых тел [3–4]. Однако такие исследования в полной мере не отражают истинного богатства видов, присутствующих в древесном субстрате в форме мицелия. Ранее было показано наличие в древесине многих видов грибов, находящихся на стерильных стадиях развития без образования плодовых тел [5–7]. Наряду с традиционным микроскопическим изучением, дереворазрушающие грибы могут быть также идентифицированы путем культивирования мицелия из древесины на селективных питатель-

ных средах с проведением последующего биохимического, химического и иммунологического анализов [6, 8].

Начиная с 90-х гг. прошлого века, различные молекулярно-генетические методы, основанные на исследовании ДНК (RAPD, AFLP, микросателлитный анализ и др.), стали активно использоваться для идентификации дереворазрушающих грибов [9, 10]. Особую роль при этом играет изучение ITS1–5.8S–ITS2 области рибосомной ДНК, отличающейся вариабельностью у различных групп грибов и наиболее подходящей для выявления и определения видов [11].

В течение вегетационных сезонов 20122013 гг. в различных районах Орловской области были отобраны образцы древесины с видимыми признаками разрушения (валежные и сухостойные стволы деревьев), но без наличия на них развитых базидиом, с целью молекулярной идентификации мицелиальных стадий дереворазрушающих афиллофороидных грибов. Экстракция ДНК проводилась из образцов с помощью набора реагентов Axygen Genomic DNA Multisource Miniprep Kit согласно протоколу производителя. Для амплификации участка ITS1–5.8S–ITS2 рДНК грибов использовались стандартные праймеры ITS1f и ITS4b (Gardes, Bruns, 1993). Все ПЦР проводились на термоциклере C1000 (Bio-Rad). Секвенирование осуществлялось на секвенаторе ABI 3130 Genetic Analyzer с обработкой его выходных данных в программе ABI Sequencing Analysis 5.3.1. После первичной обработки полученных электрофореграмм в программе Chromas Lite 2.1, осуществлялось выравнивание прямой и обратной последовательности в программном пакете MEGA 6.0 [13] с использованием алгоритма выравнивания MUSCLE. В дальнейшем, каждая полученная последовательность анализировалась с помощью алгоритма BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) веб-портала NCBI с использованием поисковых настроек по умолчанию. На основании результатов поиска с учетом таких параметров как общая оценка гомологии (E-value), значения области перекрытия (Query coverage) и степени сходства (Identity), были идентифицированы нуклеотидные последовательности, показавшие максимальные значения с гомологами, представленными в базе данных GenBank (NCBI).

В результате проведенного исследования, 11 видов афиллофороидных грибов были обнаружены на территории Орловской области при изучении образцов древесины без наличия базидиом. Данные образцы древесного субстрата (валежные и сухостойные стволы) имели признаки микогенного разложения – обескоренная поверхность, коррозионное или деструктивное разрушение древесины, в некоторых образцах отмечался белый субстратный мицелий.

Все выявленные на основе молекулярных маркеров виды зарегистрированы в целом для региона и по наличию плодовых тел. В то же время, для 6 видов были отмечены новые местонахождения в области (табл. 1), что позволило расширить сведения о субстратной и ценотической приуроченности афиллофороидных грибов. Следует заметить, что некоторые виды впервые указаны для территории других подзон растительности. Так, вид *Piloderma byssinum* (P. Karst.) Jülich, известный в Орловской области по образцам плодовых тел из подзоны хвойно-широколиственных лесов

Таблица 1. Виды афиллофороидных грибов, выявленные при молекулярном анализе образцов древесины.

№ п/п	Идентифицированный таксон	Номер референсной последовательности в Genbank	Совпадение (тождественность) с последовательностями-гомологами в BLAST
1	*Amyloporia sinuosa*	KC491849	736/736(100%)
2	*Emmia latemarginata* *	FN252852	600/600(100%)
3	*Gelatoporia subvermispora* *	HQ659228	788/789(99%)
4	*Hydnocristella himantia* *	KJ140598	593/605(98%)
5	*Phlebia radiata* *	HQ604797	725/743(98%)
6	*Phlebiella christiansenii* *	EU118659	707/721(98%)
7	*Piloderma byssinum* *	EU819418	525/531(99%)
8	*Schizopora radula*	GQ411525	597/646(92%)
9	*Scytinostroma galactinum*	AF506466	516/529(98%)
10	*Sistotrema brinkmannii*	KF218967	764/764(100%)
11	*Xylodon nespori*	DQ873622	774/778(99%)
Примечание. Звездочкой обозначены виды, для которых отмечены новые местонахождения в регионе			

таежной зоны (Хотынецкий район), был обнаружен в пределах зоны широколиственных лесов (Новосильский район). Подобная ситуация сложилась для видов Gelatoporia subvermispora (Pilát) Niemelä и Phlebiella christiansenii (Parmasto) K. H. Larss. et Hjortstam, также отмеченных по присутствию базидиом в подзоне подтайги (Хотынецкий район) и идентифицированных при изучении образцов древесины для подзоны широколиственных лесов (Урицкий и Мценский районы соответственно).

По итогам молекулярного анализа была дополнена информация не только о пространственном распро-

странении видов афиллофороидных грибов, но и их местообитаниях. В частности, в число занимаемых лесных формаций для *Gelatoporia subvermispora* добавлены березняки, для *Hydnocristella himantia* (Schwein.) R.H. Petersen – кленовники, для Piloderma byssinum – дубняки, для Phlebiella christiansenii – сосняки.

Вместе с тем, 7 нуклеотидных последовательностей ДНК, выделенной из субстратного мицелия дереворазрушающих грибов, не были идентифицированы по причине отсутствия в общедоступной базе данных GenBank гомологичных последовательностей, приемлемых для установления таксономической принадлежности анализируемых образцов.

Известный на сегодняшний день мировой опыт в области изучения разнообразия и экологических характеристик ксилотрофных грибов с привлечением методов молекулярной биологии включает как создание видоспецифичных праймеров [14], так и секвенирование всей имеющей в образце ДНК [15] В последнем случае успех идентификации определяется наличием репрезентативной «библиотеки» достоверных нуклеотидных последовательностей данной группы организмов и возможностью сравнения полученных сиквенсов с известными нуклеотидными последовательностями.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-6345.2015.4.

Список литературы

1. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: УИФ «Наука». 1993: 232 с.
2. Renvall P. Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. Karstenia. 1995; 35(1): 1–51.
3. Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые, вып. 2. Семейства альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые (виды с порообразным гименофором), лахнокладиевые (виды с трубчатым гименофором), полипоровые (роды с трубчатым гименофором), пориевые, ригидопоровые, феоловые, фистулиновые. СПб.: Наука. 1998: 391 с.
4. Nordén B, Götmark F, Tönnberg M, Ryberg M. Dead wood in semi-natural temperate broadleaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps. Forest Ecology and Management. 2004; 194(1): 235-48.
5. Бондарцев А. С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1953. 1106 с.
6. Käärik A, Rennerfelt E. Investigations on the fungal flora of spruce and pine stumps. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut. 1957; 47(7): 88 p.
7. Johannesson H, Stenlid J. Molecular identification of wood-inhabiting fungi in an unmanaged Picea abies forest in Sweden. Forest Ecol Management. 1999; 115(2): 203–11.
8. Stalpers J. A. Identification of wood-inhabiting fungi in pure culture. Stud Mycol. 1978; 16: 248 p.
9. Allmér J. Fungal communities in branch litter of Norway spruce: dead wood dynamics, species detection and substrate preferences: Doctoral thesis. Uppsala, 2005. 29 p.
10. Schmidt O, Gaiser O, Dujesiefken D. Molecular identification of decay fungi in the wood of urban trees. European Journal of Forest Research. 2011. DOI 10.1007/s10342-011-0562-9
11. Schoch CL, Seifert KA, Huhndorf S et al. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. Proc Natl Acad Sci; 2012; 109(16): 6241–6246.
12. Gardes M, Bruns TD. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. Mol. Ecol. 1993; 2: 113-8.
13. Tamura K, Stecher G, Peterson D et all. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis. Vers. 6.0. Mol. Biol. Evol. 2013; 30: 2725-9.
14. Guglielmo F, Bergemann SE, Gonthier P et all. A multiplex PCR-based method for the detection and early identification of wood rotting fungi in standing trees. Journal of Applied Microbiology. 2007; 103: 1490-507.
15. Ovaskainen O, Nokso-Koivisto J, Hottola J et al. Identifying wood-inhabiting fungi with 454 sequencing – what is the probability that BLAST gives the correct species? Fungal Ecology. 2010; 3(4): 274–83.

ГРИБЫ-БИОТРОФЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ.

Хачева С. И.
Институт экологии АНАб, Сухум, Республика Абхазия

Грибы – биотрофы являются важным компонентом лесных экосистем, сюда относят грибы, поражающие живые растения и обладающие паразитическими свойствами, как факультативными, так и облигатными [1]. В данной статье рассматриваются закономерности распространения биотрофных афиллофороидных грибов, и вызываемые ими типы гнили в сосновых и широколиственных лесах Пицунда – Мюссерского заповедника, и буково–пихтовых лесах Рицинского Реликтового Национального парка Республики Абхазия.

Изучение микобиоты афиллофороидных грибов проводилось с использованием традиционных методик в течение 2009–2014 гг. До настоящего времени исследований функциональной структуры афиллофороидных грибов в Абхазии не проводилось. Для идентификации плодовых тел грибов использовались определители [2–3]. Латинские названия грибов приведены в соответствии с «Индексом грибов» (Index Fungorum, http:.www.indexfungorum.org/, на февраль 2015 г.).

Участие грибов дереворазрушающего биотрофного комплекса в возрастных структурах коренных разновозрастных древостоев должно быть подчинено динамическим процессам формирования фитоценозов. В устойчивом биоценозе комплекс биотрофных дереворазрушающих грибов является тем механизмом, который способствует изреживанию древостоя. При этом происходит постепенное высвобождение пространства, способствующее появлению новых поколений. Для коренных биогеоценозов характерны закономерные уровни распространения биотрофных видов афиллофороидных грибов, участвующих в процессах ослабления и отмирания вполне определенного количества автотрофов, переходящих из состава продуцентов в состав мортмассы [1].

Изучение биотрофных грибов проводилось в основных лесных формациях особо охраняемых природных территорий Абхазии. Пицунда–Мюссерский заповедник создан в 1966 г. с целью сохранения и изучения редких реликтовых видов растений: сосны пицундской, земляничного дерева, самшита колхидского, эрики древовидной и др. Заповедник состоит из трех участков: сосновая роща, Лидзавская нагорная дубрава и Мюссерский лесной массив, которые различаются как по рельефу, так и по геологическому строению, растительности, почвенному покрову и т. д. [4]. Лидзава–Мюссерские леса из дуба грузинского с земляничным деревом уникальны, таких сообществ нигде больше в мире нет. Пицунда–Мюссерский заповедник находится в поясе субтропической смешанной растительности.

Рицинский заповедник расположен на южных отрогах Главного Кавказского хребта. Общая площадь заповедника составляет 16289 га, из которой 14922 га покрыто лесами. В Рицинском заповеднике, площадь которого составляет всего 2% территории Абхазии, сосредоточено не менее 70% видов растений, характерных для горных лесов Абхазии. Главные растительные формации заповедника – пихтовые и буково-пихтовые леса. Наши исследования биотрофных грибов буково-пихтовых лесов проводились в основном в пределах высот 557–1650 м н. у. м.

В сосновых лесах Пицунда–Мюссерского заповедника выявлены 3 вида афиллофороидных грибов, паразитирующих на живых деревьях: *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat., Porodaedalea pini (Brot.) Murrill.

В широколиственных лесах Пицунда–Мюссерского заповедника (до 100 м. н. у. м.) на живых деревьях обнаружены 6 видов: Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst, *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., *Inonotus dryadeus* (Pers.) Murrill, *Ganoderma resinaceum* Boud., *Ganoderma lipsiens* (Batsch) G.F. Atk., *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill.

В буково-пихтовых лесах Рицинского заповедника к грибам-биотрофам относятся 9 видов афиллофороидных грибов: *Fistulina hepatica, Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst, Ischnoderma benzoinum (Wahlenb.) P. Karst., *Ganoderma lipsiens, G. lucidum, Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat., *Ph. igniarius* (L.) Quél., *Ph. chrysoloma* (Fr.) Donk.

Ниже приведены особенности экологии биотрофных грибов с указанием поражаемой древесной породы и вызываемые ими типы гнили.

Heterobasidion annosum – встречается на пнях и корнях, выступающих из почвы, нижней части стволов хвойных и редко, лиственных пород. Обнаружен на сосне в нижней части ствола, изредка встречается на корнях молодых сосен. Вызывает белую гниль.

Phaeolus schweinitzii - растет с лета до глубокой осени, обычно на хвойных деревьях, чаще на пнях и на корнях. Относится к числу серьезных разрушителей древесины, обнаружен в основании ствола на корнях сосны. Вызывает бурую гниль.

Porodaedalea pini – является опасным паразитом сосны. Выявлен на стволе живой сосны возраста 120-130 лет. Вызывает белую гниль.

Fistulina hepatica – растет на живых старых дубах, особенно часто в дуплах у основания стволов. Обнаружен на стволах *Quercus iberica* Stev, очень часто у основания ствола. В буково-пихтовых лесах развивается на корнях *Castanea sativa* Mill. Вызывает бурую гниль.

Ganoderma lipsiens – растет повсеместно на пнях и на мертвой древесине лиственных пород, изредка поселяется на живых деревьях, нами отмечена на живом дереве *Carpinus caucasia* Grossh у основания ствола, на буке. Вызывает белую гниль.

Ganoderma resinaceum – растет на живых стволах дуба и других лиственных пород. Опасный паразит, вызывающий белую центральную гниль, в конечном результате его деятельности образуется дупло. Плодовое тело выявлено в основании ствола живого дуба.

Ganoderma lucidum – встречается почти во всех странах света на пнях дуба, бука, каштана, ели и других пород. Плодовые тела обнаружены у основания ствола живого дерева *Quercus iberica* Stev, и на корнях *Abies nordmanniana*, у основания ствола *Fagus orientalis*. Вызывает белую гниль.

Inonotus dryadeus – растет в умеренной зоне северного полушария на живых стволах дуба, реже каштана у основания или на обнаженных корнях, вызывая белую гниль. Единичная находка у основания ствола *Quercus iberica*.

Laetiporus sulphureus – встречается на живых и мертвых стволах лиственных, реже хвойных пород. Вызывает бурую, сердцевинную, быстро распространяющуюся гниль. Плодовые тела обнаружены в дупле Quercus iberica, часто встречается на стволе живых деревьев дуба.

Fomes fomentarius – распространен повсеместно, чаще на мертвой древесине и сухостое лиственных пород, обнаружен на живых ослабленных деревьях Fagus orientalis. Вызывает белую гниль.

Fomitopsis pinicola – растет в течение всего года, главным образом, в качестве сапрофита, как на хвойных, так и на лиственных породах. Обитает как на валеже, сухостое, так и на живых деревьях Abies Nordmanniana. Вызывает бурую гниль.

Ischnoderma benzoinum – обитает на мертвой древесине хвойных, реже лиственных пород. Этот вид широко распространен на валеже Abies Nordmanniana и единично отмечен на живой ослабленной пихте. Вызывает белую гниль.

Phellinus hartigii – растет на стволах и ветвях *Abies nordmanniana*, деревья, пораженные им, часто ломаются, плохо противостоят ветру. Широко распространенный вид, в буково-пихтовых лесах отмечается практически на всех стадиях деструкции *Abies mordmanniana*, встречается часто на живых деревьях. Вызывает белую гниль.

Phellinus igniarius – развивается в течение всего года на живых деревьях, отмерших стволах и пнях большинства лиственных пород. Нередко является опасным паразитом, вызывающим белую или слегка желтоватую гниль. Единичная находка в морозобойной трещине живого дерева *Fagus orientalis*.

Phellinus chrysoloma – растет на живых и отмерших стволах и ветвях ели, реже других хвойных. Нами отмечен на стволе живой *Abies nordmanniana*. Обуславливает красновато-коричневую (пеструю) гниль с белыми пятнами целлюлозы, на месте которых образуются пустоты [2].

Таким образом, к грибам-биотрофам исследованных лесных формаций относятся 15 видов афиллофороидных грибов. К целлюлозоразрушающим грибам, которые вызывают так называемое деструктивное разложение древесины, именуемое также красной или бурой гнилью, относятся 4 вида: *Fistulina hepatica, Laetiporus sulphureus, Fomitopsis pinicola, Phaeolus schweinitzii*. К лигнинразрушающим грибам, вызывающим коррозионное разложение древесины, называемое белой гнилью, или в случае образования заметных ямок в древесине, пестрой гнилью относятся 11 видов: *Heterobasidion annosum, Porodaedalea pini, Ganoderma lipsiens, Ganoderma resinaceum, Ganoderma lucidum, Inonotus dryadeus, Fomes fomentarius, Ischnoderma benzoinum, Phellinus hartigii, Phellinus igniarius, Phellinus chrysoloma. Из обнаруженных видов 3 вида вызывают корневые гнили: Heterobasidion annosum, Phaeolus schweinitzii, Inonotus dryadeus; стволовые гнили вызывают: Porodaedalea pini, Ganoderma lipsiens, Ganoderma resinaceum, Ganoderma lucidum, Fomes fomentarius, Ischnoderma benzoinum, Phellinus hartigii, Phellinus igniarius, Phellinus chrysoloma, Fistulina hepatica, Laetiporus sulphureus, Fomitopsis pinicola*.

В исследованных лесных формациях наблюдается увеличение пораженности старых деревьев, особенно в буково-пихтовых лесах, где возраст отдельных пихт достигает 300 и более лет. Здесь доминантом выступает *Phellinus hartigii*, субдоминантом является *Fomitopsis pinicola*. В широколиственной формации, где лесообразующей породой является дуб, присутствуют в равном соотношении *Fistulina hepatica, Laetiporus sulphureus*. В исследованных лесных формациях очагового поражения леса не выявлено, активизации распространения какого-то одного вида биотрофа в таких лесах нет. Такое распределение биотрофных грибов в горизонтальных структурах лесов относится к разряду закономерностей их функционирования и является одним из критериев устойчивости лесных сообществ [1].

Список литературы

1. Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К. 2007: 192 с.
2. Бондарцев А. С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. М.-Л.: АН СССР. 1953: 1106 с.
3. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые;-СПб.: Наука, 1998; 2: 391 с.
4. Заповедники СССР. Заповедники Кавказа. Под общ. ред. В. Е. Соколова, Е. Е. Сыроечковского. М.: Мысль, 1990. — 365, [2] с: ил., карт.

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ АФИЛЛОФОРОВЫХ ГРИБОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Коткова В.М.
Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

Тверская область находится в центре Восточно-Европейской равнины, в пределах южнотаежной подзоны. История изучения афиллофоровых грибов Тверской области насчитывает уже 117 лет. Первые исследования по выявлению разнообразия грибов на данной территории проводил В.А. Траншель в августе 1897 г. В «Списке грибов, собранных в Валдайском уезде Новгородской губернии» он приводит около 40 видов афиллофоровых грибов для территории, относящейся в настоящее время к Тверской области. Также ряд образцов, собранных им на территории Бологовского района, хранится в Микологическом гербарии БИН РАН (Траншель, 1901; Коткова, 2011). Кроме того, в Микологическом гербарии БИН РАН удалось обнаружить 2 образца афиллофоровых грибов, собранных известным российским лихенологом А.А. Еленкиным

в июне и июле 1908 г. в окрестностях Бородинский пресноводной биологической станции на оз. Селигер (Осташковский район). В 1939–1941 гг. первые микологические исследовния в Центрально-лесном заповеднике (ЦЛГПБЗ) были проведены В.Я. Частухиным (Частухин, 1948; Частухин, Николаевская, 1969). Дальнейшие исследования разнообразия макромицетов до середины 90-х гг. XX века проводились также преимущественно в южной части ЦЛГПБЗ (Бондарцева, 1986; Storozhenko, Bondartseva, 1997).

В конце XX века изучение биоты грибов области проводили сотрудники Тверского государственного университета С.А. Курочкин и А.Г. Медведев. В обобщающей работе по базидиальным макромицетам Тверской области ими приводятся данные о 182 видах афиллофоровых грибов (Курочкин, Медведев, 1998; Медведев, 2006). Также в ряде работ начала XXI в. можно найти новые сведения о распространении афиллофоровых грибов на территории области (Курочкин, 2005, 2007; Кириллов, 2009). Таким образом, до начала наших исследований на территории Тверской области было известно около 200 видов грибов данной группы.

С 2010 г. автором начато изучение разнообразия афиллофоровых грибов Тверской области. Были проанализированы все литературные сведения и данные Микологического гербария БИН РАН, проведены собственные сборы на территории Андреапольского, Бологовского, Нелидовского, Калининского и Конаковского районов области (Коткова, 2011, 2012а–в, 2014а, б). Также были изучены сборы других микологов (Курочкин, Коткова, 2011; Коткова, Стороженко, 2012) и некоторые новые литературные данные (Винер, 2012).

В результате обобщения литературных, гербарных и собственных данных на территории Тверской области в настоящее время выявлено 423 вида афиллофоровых грибов. Это составляет около 40% от выявленного видового состава (1046 видов) данной группы грибов Европейской России. Наиболее хорошо изученной территорией области является ЦЛГПБЗ – один из старейших заповедников России. Заповедник расположен в подзоне хвойно-широколиственных лесов, а на его территории находится обширный массив старовозрастных еловых лесов.

В настоящее время для него известно 362 вида афиллофоровых грибов, в том числе 6 видов, занесенных в Красную книгу Тверской области (Перечень., 2012), включая один вид – Ganoderma lucidum (M.A. Curtis : Fr.) P. Karst. – из «Красной книги Российской Федерации» (2008). На территории ЦЛГПБЗ выявлены местонахождения таких редких видов как *Antrodia sitchensis* (D.V. Baxter) Gilb. et Ryvarden, *Antrodiella foliaceo-dentata* (T.L. Nikol.) Gilb. et Ryvarden, *Hyphodontia latitans* (Bourdot et Galzin) Ginns et Lefebvre (также отмечено местонахождение в Пеновском районе), *Junghuhnia pseudozilingiana* (Parmasto) Ryvarden, *Oligoporus balsaminus* (Niemelä et Y.C. Dai) Niemelä, O. cerifluus (Berk. et M.A. Curtis) Ryvarden et Gilb., *Phlebia ryvardenii* Hallenb. et Hjortstam (единственное местонахождение в России), *Pseudomerulius montanus* (Burt) Kotir., K.H. Larss. et M. Kulju (единственное местонахождение вида в центральной части Европейской России), *Pycnoporellus alboluteus* (Ellis et Everh.) Kotl. et Pouzar, *Tyromyces kmetii* (Bres.) Bondartsev et Singer.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (подпрограмма "Биоразнообразие: состояние и динамика").

Список литературы

1. Траншель В.А. Список грибов, собранных в Валдайском уезде Новгородской губернии. Тр. пресновод. биологической станции императорского СПб. о-ва естествоиспыт. СПб., 1901. Т. 1. С. 160–203.
2. Коткова В.М. Новые данные об афиллофоровых грибах Бологовского района Тверской области. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2011. Вып. 23, № 20. С. 129–136.
3. Курочкин С.А., Медведев А.Г. Материалы к флоре Тверской области. Ч. 3. Грибы. Тверь, 1998. 30 с.
4. Медведев А.Г. Трутовые грибы как индикаторы изменений лесных экосистем под воздействием антропогенной нагрузки. Тверь. 2006. 236 с.
5. Курочкин С.А. О некоторых новых и редких видах макромицетов Тверской области. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2005. № 1. С. 120–121.
6. Курочкин С.А. О некоторых новых микологических находках в Тверской области. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2007. Вып. 6, № 22(50): 160–62
7. Кириллов А.А. Материалы к биоте афиллофоровых грибов национального парка «Завидово».Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2009. Вып. 15, № 34. С. 179–187.
8. Коткова В.М. Изучение афиллофоровых грибов в лесах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Динамика многолетних процессов в экосистемах Центрально-Лесного заповедника. Тр. Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Вып. 6. Великие Луки, 2012а: 307-18.
9. Коткова В.М. Новые данные об афиллофоровых грибах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская область). Микология и фитопатология. 2012; 46(6): 361–64.
10. Коткова В.М. Дополнения к биоте афиллофоровых грибов (Basidiomycota) Центрально-Лесного заповедника (Тверская область). Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2012; 28(25): 119-23.
11. Коткова В.М. Дополнения к биоте афиллофоровых грибов (Basidiomycota) Центрально-Лесного заповедника (Тверская область). II. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2014; 2: 145-56.
12. Коткова В.М. Грибы Центрально-Лесного заповедника (Аннотированный список видов). М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия, 2014б. 94 с. [Флора и фауна заповедников. Вып. 122].

13. Курочкин С.А., Коткова В.М. Ежовиковые грибы Тверской области. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2011. Вып. 22, № 12. С. 142-48.
14. Коткова В.М., Стороженко В.Г. Новые и малоизвестные для Тверской области виды афиллофоровых грибов. Вестн. ТвГУ. Серия: Биология и экология. 2012. Вып. 26, № 16: 125-34.
15. Винер И.А. Некоторые особенности развития сообщества ксилобионтных грибов ели разновозрастных ветровалов. Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России. Матер. конф., посвящ. 80-летию ЦЛГПБЗ. 2012: 119–24.
16. Перечень (список) объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Тверской области. Приложение к Приказу Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области от 10 октября 2012 г. №135-кв.
17. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М. 2008: 855 с.

АФИЛЛОФОРОИДНЫЕ ГРИБЫ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ

Михалева Л.Г.
Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

Центральная Якутия представляет исключительный интерес с микогеографической точки зрения, так как занимает внутриконтинентальное положение и граничит с важными с биогеографической точки зрения регионами: горы Южной Сибири, Северо-Восточная и Средняя Сибирь. Это, а также своеобразные климатические условия Центральной Якутии делают ее одним из наиболее интересных и ключевых регионов для изучения происхождения и эволюции микобиоты восточных районов Сибири (Мухин, Ушакова, 2003).

Микологическая изученность Якутии, как территориально, так и отдельных групп грибов, крайне неравномерна. В разные годы исследовались грибы – паразиты сельскохозяйственных культур, съедобные грибы, грибы – возбудители болезней леса, лекарственные грибы. Территориально наиболее полно изучена микобиота Центральной и Южной Якутии, на севере и западе республики сборы проводились от случая к случаю. Иногда коллекции собирались людьми, не имеющими специальных навыков сбора, поэтому сведения о микобиоте всего региона весьма скудны и отрывочны.

Из литературных источников об афиллофоровых грибах Якутской республики опубликованы труды К.А. Бенуа и Е.К. Карповой-Бенуа (Бенуа, Карпова-Бенуа, 1972; Бенуа, Карпова, Бенуа, 1979), Н.Ф. Никадимовой (Никадимова, 1967), А.Н. Гусевой (Гусева, 1967, Гусева, 1970), Э.Х. Пармасто (Parmasto, 1975; Parmasto, 1976; Parmasto, 1977), И.А. Петренко (Петренко, 1978).

Одним из наиболее полных обзоров микро- и макромицетов Центральной Якутии является монография И.А. Петренко (Петренко, 1978), написанная по результатам пятилетних исследований микобиоты на стационаре «Спасская падь». В ней даны флористический состав макромицетов, их распределение по экологическим группам в различных типах лесов. По данным И.А. Петренко в Центральной Якутии всего 249 видов грибов, в том числе 32% ксилотрофов. В списке афиллофоровых грибов этим автором указан 41 вид из 6 семейств, агарикоидных – 199 видов, пециевых – 4, гастеромицетов – 4 вида, и 1 вид – слизевиков, их биология, фенология, распространение и расположенность к различным субстратам в лесах Центральной Якутии.

По современным данным, в Центрально-Якутском флористическом районе отмечено более 150 видов афиллофороидных грибов, агарикоидных – около 200, пециевых – 4, гастеромицетов – 4, и 1 вид слизевиков (Михалева, 2001; Разнообразие растительного мира Якутии, 2005). Всего в Центральной Якутии зарегистрировано 154 вида афиллофороидных макромицетов из 16 порядков, 28 семейств. Наиболее многочисленны семейства – Polyporaceae (14), Peniophoraceae (15), Steccherinaceae (10), Bjerkanderaceae (11), Coriolaceae (15), Phaeolaceae (14), Fomitopsidaceae (18), насчитывающие более 10 видов.

В литературе отмечено (Андреев, Галактионова, 1987) и подтверждено нашими исследованиями, что притундровые леса сильно подвержены грибным заболеваниям – 100% деревьев старше 300 лет имеют стволовую гниль, Лиственничные леса, произрастающие южнее, поражены стволовой гнилью на 60%. Это результат жизнедеятельности основного фитопатогена якутских лесов – трутовика окаймленного (*Fomitopsis pinicola*), который, часто не образуя плодовых тел, разрушает сердцевину старых живых деревьев (Аверенский, Михалева, 2000).

Другими обычными грибами на древесине лиственницы являются *F. cajanderi* и *Trichaptum laricinum*, заселяющие валеж и пни.

Распределение грибов по типам гнили следующее: грибов, вызывающих белую гниль 78,2%, бурую 21,8%, что не типично для хвойных лесов неморальной зоны, но нормально для однопородных северных лесов из твердодревесинной лиственницы (Михалева, 1993).

Большинство видов афиллофороидных грибов приурочено к лиственным породам, имеющим мягкую дре-

весину, таким как ольховник и береза, или повышенную кислотность коры (тополь, ива), что значительно облегчает проникновение спор гриба в древесину.

В основном микобиоту афиллофороидных Центральной Якутии составляет мультизональный элемент (66,4%), треть видов (31,8%) бореальные, встречаются неморальные виды (1,8%), что говорит о малой специфичности микобиоты и указывает на ее бореальный характер. По типу ареала большинство видов космополиты (21%) или имеют мультирегиональный или голарктический ареал (Михалева, 2011).

Своеобразие микобиоте Якутии с нашей точки зрения, придает наличие следующих видов: Perenniporia maackiae, вид маньчжурской группы (Мухин, Ушакова, 2003); *Datronia scutellata*, вид довольно распространенный в Северной Америке, в южной части Российского Дальнего Востока и в Якутии, но редкий в Европе и южной части Центральной Сибири; и *Fomitopsis cajanderi*, имеющий два центра ареала – в Северо-Восточной Азии и в Северной Америке и обильно встречающийся на территории Якутии. Наличие этих видов указывает, по-видимому, на принадлежность микобиоты Якутии к берингийской группе микобиот Северной Евразии (Любарский, 1975, Пармасто, 1979; Мухин, Михалева, Ушакова, 2004).

В целом микобиоту афиллофороидных макромицетов Якутии составляют наиболее адаптивные грибы, имеющие ди- и тримитическую гифальную систему, что характерно для расстроенных лесонасаждений, а также для местообитаний с чрезвычайными климатическими условиями региона.

На территории Лено-Амгинского междуречья отмечены следующие виды грибов, занесенных в Красную Книгу РС(Я) (Красная книга РС(Я), 2000): *Polyporus umbellatus* (Pers.: Fr.) Fr.: Статус 3в. Редкий вид по всему ареалу, внесен в Красную книгу РФ (Красная книга РФ, 2008; Красная Книга РСФСР, 1988); *Clavariodelphus ligula* (Schaeff.: Fr.) Donk: Статус 3г. Редкий вид на территории Якутии, *Clavariodelphus pistillaris* (L.: Fr.) Donk : Статус 3г. Редкий вид на территории Якутии; *Clavariodelphus truncatus* (Quel.) Donk: Статус 3в. Редкий вид по всему ареалу; *Ramaria abietina* (Pers.: Fr.) Donk: Статус 3г. Редкий вид на территории Якутии, *Ramaria suecica* (Fr.: Fr.) Donk: Статус 3г. Редкий вид на территории Якутии; Hericium coralloides (Scjp.: Fr.) Pers.: Статус 3г. Редкий вид на территории Якутии. Кроме того, в Центральной Якутии встречается *Polyporus rhizophilus* (Pat.) Sacc., внесенный в Приложение к КК РФ (Красная Книга РФ, 2008).

Список литературы

1. Мухин В.А., Ушакова Н.В. Геоэлементный состав ксилотрофных трутовых грибов Центральной Якутии. Флора и растительность криолитозоны. Ч. 1. Мат. н.-практ. конф. «Флора и растительность криолитозоны». Якутск, 2001. Якутск: Изд-во ЯФ ГУ; Изд-во СО РАН. 2003: 90-105.
2. Бенуа К.А., Карпова-Бенуа Е.И. Дереворазрушающие и паразитные базидиальные грибы Якутской АССР. Новости систематики низших растений. 1972; 9: 139-51.
3. Бенуа К.А., Карпова-Бенуа Е.И. Дереворазрушающие и паразитные трутовые грибы Якутской АССР. Микол. фитопатол. 1979; 13(6): 509.
4. Никадимова Н.Ф. Краткий обзор болезней и грибной флоры древостоев Верхнего и Среднего Алдана. Леса Южной Якутии. М.: Изд-во АН СССР. 1964: 144-7.
5. Никадимова Н.Ф. О грибных заболеваниях лиственницы и сосны в Юго-Западной Якутии. Изв. СО АН СССР, сер. Биол. и медицина. 1967; 10(130): 98-103.
6. Гусева А.Н. Fomitopsis annosa (Fr.) Karst. (корневая губка) в сосняках Юго-Западной Якутии. Микол. и фитопатол. 1967; 1(3): 232.
7. Гусева А.Н. Корневая губка в сосняках Юго-Западной Якутии. Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука. 1970. Ч. 1(3): 171-4.
8. Parmasto E. Studies on Jakutian fungi. I. Corticiaceae. Thelephoraceae. Изв. АН ЭССР. Биол. 1975; 24(1): 3-15.
9. Parmasto E. Studies on Jakutian fungi. II Ganodermataceae. Hymenochaetaceae. Polyporaceae. Изв. АН ЭССР, Биол. 1976; 25(4): 316-21.
10. Parmasto E. Studies on Jakutian fungi. III. Polyporales. Poriaceae s.l. Изв. АН ЭССР, Биол. 1977: 26(1): 15-28.
11. Петренко И.А. Макро- и микромицеты лесов Якутии. Новосибирск: Наука. 1978: 133 с.
12. Михалева Л.Г. Афиллофоровые грибы Национального природного парка "Ленские столбы". Национальный природный парк "Ленские Столбы": геология, почвы, растительность, животный мир, охрана и использование. Якутск: Изд-во Якутского гос. ун-та. 2001: 61-5.
13. Захарова В.И. и др. Разнообразие растительного мира Якутии. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2005: 328 с.
14. Андреев В.Н., Галактионова Т.Ф., Перфильева В.И., Щербаков И.П. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. Якутск: ЯФ СО АН СССР. 1987: 156 с.
15. Аверенский А.И., Михалева Л.Г. Вредители и болезни лесов Якутии: Учебное пособие. Якутск: Изд-во Якутского ун-та. 2000: 32 с.
16. Предварительные результаты Михалева Л.Г. Предварительные материалы к изучению дереворазрушающих афиллофоровых грибов Якутии. Микол. и фитопатол. 1993; 27(5): 15-33.
17. Михалева Л.Г. Афиллофороидные грибы Центральной Якутии. Наука образ. 2011; 3(63), 36-40.
18. Любарский Л.В., Васильева Л.Н. Дереворазрушающие грибы Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1975: 164 с.
19. Пармасто Э.Х. Генезис флоры дереворазрушающих афиллофоровых грибов Советского Дальнего Востока. Тез докл. XIV Тихоокеан. науч. конгр.: (Ботаника). М. 1979: 39-40.

20. Мухин В.А., Михалева Л.Г., Ушакова Н.В. Распространение Fomitopsis cajanderi (P.Karst) Kotlaba et Pouzar на Урале и в Азиатской части России. Труды Института биоресурсов и прикладной экологии. Вып. 4. Оренбург: изд-во ОГПУ, 2004: 19-25.
21. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т.1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Якутск. 2000: 256 с.
22. Красная Книга Российской Федерации (растения и грибы). Раздел 8. Грибы. М., 2008. С. 753-82; 789-90
23. Красная книга РСФСР. Растения. М., 1988. 590 с.

РЕДКИЙ ВИД КРЫМСКОЙ МИКОБИОТЫ *PLEUROTUS NEBRODENSIS* (INZENGA) QUÉL. (AGARICALES, PLEUROTACEAE)

Саркина И.С., Савчук В.В.
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта

Крым – один из интереснейших в микологическом отношении регионов. Это обусловлено сосредоточением на его небольшой территории (26860 кв. км) уникального разнообразия ландшафтов и растительных сообществ. Через крымскую территорию проходит граница Европейско-Азиатской степной и Средиземноморской лесной флористических областей. Как следствие, микоразнообразие полуострова уникально, особенно по таксономическому и созологическому составу. Это касается не только лесной зоны – в степных сообществах, уступающих лесным по видовому богатству микобиоты, также известны места произрастания целого ряда редких видов.

Одним из таких видов является *Pleurotus nebrodensis* (Вешенка небродская) – шляпочный гриб семейства Pleurotaceae Kühner порядка Agaricales Underw. Современное латинское название и синонимы вида согласно номенклатурной базе данных «Index Fungorum» (The CABI …, 2008) следующие: *Pleurotus nebrodensis* (Inzenga) Quél., Enchir. fung. (Paris): 148 (1886). – Syn.: *Agaricus nebrodensis* Inzenga, Funghi Siciliani, stud. Giuseppe Inzenga (Palermo) 1: 11 (1865). – *Dendrosarcus nebrodensis* (Inzenga) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3(2): 464 (1898). – *Pleurotus eryngii* var. nebrodensis (Inzenga) Sacc., in Saccardo & Dalla Costa, Fl. ital. crypt., Hymeniales (Genoa): 328 (1915).

Вешенка небродская – единственный представитель грибов, включенный в Красный список Международного союза охраны природы (IUCN, 2014). Она отнесена к категории видов, находящихся на грани исчезновения (Critically Endangered, CR). Включена она и в Красный список грибов Европы (European …, 2010).

Впервые *P. nebrodensis* был описан в 1863 году как *Agaricus nebrodensis* итальянским микологом Giuseppe Inzenga (Venturella, 2006). Затем его предположение о самостоятельности вида *A. nebrodensis* было подтверждено Фризом. Впоследствии многие авторы переводили вид в синонимы, или рассматривали его как внутривидовой таксон, но эти интерпретации не получили подтверждения (Zervakis, Venturella, 1998; Venturella, 2009).

Долгое время в мире была известна одна популяция вида – на острове Сицилия (Италия). Ее распространение ограничено горами Мадоние в северной части Сицилии, а видовой эпитет nebrodensis происходит от названия горного хребта Неброди. Встречается *P. nebrodensis* в пасторальных сообществах на известняках, сапротроф, ассоциирован с *Cachrys ferulaceae* (L.) Calest. [*Prangos ferulacea* (L.) Lind.] сем. Apiaceae. Описывая *P. nebrodensis*, G. Inzenga назвал этот вид «самым вкусным грибом микологической флоры Сицилии» (Venturella 2006). Как следствие, вешенка небродская традиционно собиралась и потреблялась местным населением. Вместе с тем, популяция вида очень фрагментирована, общая площадь менее 100 кв. км, к тому же наблюдается постоянное сокращение локалитетов и особей. По оценкам специалистов, ежегодная численность отдельных зрелых особей, образующих плодовые тела, не превышает 250 (Venturella 2006, 2009; Гелюта, Гайова, 2014). Поэтому, начиная с 2006 года, вид был признан МСОП критически угрожаемым и включен в Красный список угрожаемых видов (IUCN 2013) как эндемик северной части Сицилии (Venturella, 2006). В последние годы в литературе появились сведения о произрастании вешенки небродской в Греции и Турции (Gonou-Zagou at all., 2013; Sesli, Denchev, 2014).

В Крыму *P. nebrodensis* хорошо известен и традиционно собирается жителями восточной части полуострова. Его ценят за высокие вкусовые качества, плотную, удобную для транспортировки консистенцию плодовых тел, характер и время плодоношения. В норме у этого вида в Крыму бывает два сезона сбора в году – в марте-апреле и ноябре–декабре. В это время других грибов в регионе немного и вешенка небродская заполняет природную паузу, а в урожайные годы поражает обилием. Ее сбор – ожидаемое событие и своеобразный ритуал для многих грибников, поэтому плодовые тела изымаются из природы в больших количествах. В народе вид получил название «Белый Чаудинский гриб». Оно возникло вследствие его узкой локализации на полуострове – Керченское степное холмогорье близ мыса Чауда, замыкающего Феодосийский залив Черного моря с востока.

По данным В.В. Савчука, известны три изолированные популяции в прибрежной полосе степной растительности от пгт Приморский (Феодосийский горсовет) до мыса Чауда. Самая большая из них находится на участке целинной степи с ограниченным доступом на территории крупного военного полигона к северо-западу от м. Чауда. Эти данные послужили основой для первой публикации о Вешенке небродской в Крыму, однако в качестве растения-хозяина был ошибочно указан *Prangos odontalgica* (Pall.) Herrnst. Et Heyn. (Гелюта, Гайова, 2014). Между тем, *P. nebrodensis* в крымских популяциях ассоциирован не с видами родов *Cachrys* или *Prangos*, а с представителем рода *Palimbia*, а именно *Palimbia salsa* (L. f.) Besser, которая ранее в качестве растения-хозяина вешенки небродской не приводилась. Этот факт укладывается в современную трактовку так называемого «комплекса видов *Pleurotus eryngii*».

В этот комплекс объединяют *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél., *P. ferulae* (Lanzi) Sacc., *P. nebrodensis* (Inzenga) Quél., *P. fuscus* Battarra ex Bres. и *P. caespitoso-terrester* (Henn.) Pil., трофически ассоциированные с целым рядом зонтичных растений из родов *Eryngium, Ferula, Cachrys, Thapsia, Elaeoselinum, Diplotaenia, Laserpitium, Pimpinella, Opopanax, Prangos, Peucedanum (Abdollahzadeh, Asef, Mirmahmoodi,* 2007). Комплекс видов *Pleurotus eryngii* особенно распространен в субтропическом климате Средиземноморья и Центральной Азии. Данные о крымской популяции Вешенки небродской позволяют дополнить круг растений, ассоциированных с видами комплекса, и рассматривать *P. salsa* как новый вид растения-хозяина для *P. nebrodensis*.

Таким образом, Вешенка небродская является редким видом крымской микобиоты с узкой локализацией и фрагментированной популяцией. Существованию вида угрожают антропогенные факторы: массовый сбор населением и хозяйственные мероприятия, ведущие к разрушению природных экотопов – распашка степей, неконтролируемый выпас скота и др. В этом контексте вполне закономерно наличие самой большой популяции «Чаудинского гриба» на территории военного полигона. Территория, занимаемая популяцией, не входит в состав ООПТ Крымского полуострова и, следовательно, не регламентируется природоохранным законодательством. На основании изложенных данных *P. nebrodensis* рекомендован нами для нового издания Красной книги Российской Федерации (КК РФ) и региональной Красной книги Республики Крым (КК РК). И для КК РФ, и для КК РК предложены категории и статус 2 аб и 3 д: редкий сокращающийся в численности вид, имеющий ограниченный ареал, часть которого находится на территории России.

Список литературы

1. Abdollahzadeh J, Asef MR, Mirmahmoodi T. 2007. The Pleurotus eryngii species-complex in Kurdistan Region of Iran. Pakistan J Biol. Sci. 2007. 10(17): 3006-9.
2. European Red List of endangered macrofungi. 2010. Режим доступа: http:.www.wsl.ch/eccf/candlist-subtotals.xls
3. Gonou-Zagou Z, Ntertilis M, Trianta fyllou Met all. Assessment and conservation of the critically endangered basidiomycete Pleurotus nebrodensis in Greece. Abstracts of the Third International Congress on Fungal Conservation. Akyaka, Turkey, 11–15 November 2013. 2013: 12.
4. IUCN 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. http:.www.iucnredlist.org. (12.03.2014).
5. The CABI Bibliography of Systematic Mycology, 2008. Режим доступа: http:.www.indexfungorum.org/Names/Names.asp
6. Sesli E., Denchev C.M. Checklists of the myxomycetes, larger ascomycetes, and larger basidiomycetes in Turkey. 6th edn. 2014: 1-136. Mycotaxon Checklists Online. Режим доступа: http:.www.mycotaxon.com/resources/checklists/sesli-v106-checklist.pdf
7. Venturella G. Pleurotus nebrodensis. 2006. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. http:.www.iucnredlist.org. (12.03.2014).
8. Venturella G. Recording and mapping the Mediterranean mycota: the case of Sicily (S Italy). Phytologia Balcanica. 2009; 15(3): 299-304.
9. Zervakis G, Venturella G. Towards the elucidation of the systematics of the Pleurotus taxa growing on Umbellifers. Proc Sixth International Mycol. Congress. Jerusalem, 23-28 Aug 1998. Jerusalem: IMI, 1998: 7.

АГАРИКОИДНЫЕ И ГАСТЕРОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ ЦСБС СО РАН, РЕДКИЕ ВИДЫ, ИХ ОХРАНА

Горбунова И.А.

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск

Большая часть площади (850 га) Центрального сибирского ботанического сада (г. Новосибирск), покрыта лесной растительностью, которую составляют главным образом травяные мелколиственные и сосновые леса. Кроме этого на территории ботанического сада широкое распространение имеют экспозиции и научные коллекции открытого грунта, искусственно созданные дендрологические парки, посадки лиственницы, дуба, сформированы растительные сообщества из реликтовых и эндемичных видов черневой тайги (Растительное многообразие…, 2014). На территории ЦСБС СО РАН известно более 400 видов агарикоидных и гастероидных базидиомицетов (Basidiomycota) из 7 порядков, 28 семейств, 103 родов. Большинство

видов (330) относятся к порядку Agaricales. Коллекционный материал хранится в гербарии лаборатории низших растений Центрального сибирского ботанического сада, Новосибирск (NS).

Биоту агарикоидных и гастероидных базидиомицетов составляют преимущественно мультизональные и неморально-бореальные виды. Около 7% выявленной микобиоты представлены неморальными видами, многие из которых являются редкими в Сибири. Интересные находки грибов обнаружены в посадках широколиственных пород. Так, к редким макромицетам, произрастающим в посадках дуба на территории ЦСБС, можно отнести *Rhodocybe stangliana* (Bresinsky et Pfaff) Riousset et Joss. – редкий по всему ареалу вид, неизвестный ранее в Азиатской России и *Amanita phalloides* (Vaill. ex Fr.) Link, широко распространенный в Европе в широколиственных лесах, но крайне редкий в Сибири, занесенный в Красную книгу Красноярского края (Красная книга, 2012).

Подтаежно-бореальные и бореальные базидиомицеты составили 17% всех видов, причем многие бореальные виды отмечены в «черневой тайге», в дендропарках и на экспозиционных участках в посадках хвойных пород деревьев, нехарактерных для лесостепной зоны. Например, в посадках кедра и в «черневой тайге» встречается *Suillus sibiricus* (Singer) Singer, вошедший в список редких видов Европы и в Глобальный список редких грибов мира. В дендропарке в посадках ольхи отмечена пока единственная находка в Сибири *Cystolepiota bucknallii* (Berk. et Broome) Singer et Clémençon. В естественных сосново-березовых лесах обнаружены новые для Сибири *Lepiota grangei* (Eyre) Kühner и *Melanophyllum eyrei* (Massee) Singer и редкий во многих регионах России *Omphalina discorosea* (Pilát) Herink et Kotl., а также *Phallus impudicus* var. togatus (Kalchbr.) Costantin et L.M. Dufour, включенный в Красную книгу Российской Федерации (Красная книга…, 2008).

В последние годы впервые на территории ЦСБС обнаружены *Pluteus fenzlii* (Schulzer) Corriol et P.-A. Moreau и *Hebeloma radicosum* (Bull.) Ricken – редкие в Сибири виды. Всего из редких находок агариковых грибов и гастеромицетов на территории ботанического сада, 46 видов спорадически встречаются по всему ареалу. В Красную книгу Новосибирской области (Красная книга …, 2008) занесены 11 видов, многие из которых произрастают на территории ЦСБС. Из них *Melanogaster broomeanus* Berk. отмечается также как редкий вид в Европе и на Урале. К нехарактерным грибам для лесостепной зоны относится бореальный вид *Gomphidius glutinosus* (Schaeff.) Fr., обнаруженный под елями в портерной части перед главным корпусом ЦСБС.

Таким образом, ботанические сады как особо охраняемые природные территории играют важную роль в сохранении разнообразия и редких видов не только растений, но и грибов, которые сопутствуя высшим растениям, населяют не только естественные растительные сообщества, а также появляются в нехарактерных для них местообитаниях без специального разведения и интродукции. Доступность территории позволяет вести мониторинг редких видов, отмечать их распространение, изучать особенности их экологии, вести наблюдение и учет за известными популяциями, регулировать влияние антропогенного фактора. Активное участие ученых-ботаников и заинтересованного населения помогает в поиске новых местонахождений редких и новых видов для Сибири и России.

Список литературы

1. Растительное многообразие Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Ред.: И.Ю. Коропачинский, Е. В. Банаев; Рос. акад. наук, Сиб. Отд., Центральный сибирский ботанический сад. Новосибирск: «Гео», 2014: 492 с.
2. Красная книга Красноярского края: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. под ред. Н. В. Степанова. Красноярск: Изд. Сибирского Федерального Университета, 2012. 572 с.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество КМК, 2008: 855 с.
4. Красная книга Новосибирской области: Животные, растения и грибы. Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Новосибирской области. 2-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Арта, 2008: 528 с.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОМИЦЕТОВ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АРМЕНИИ

Нанагюлян С.Г., Оганесян Е.Х., Маркарян Л.В.

Кафедра ботаники и микологии Ереванского государственного университета, Армения

Сохранение биоразнообразия во всем мире является одним из важнейших вопросов современности. Для решения многих экологических проблем и с целью сохранения и изучения крупных экосистем и природных богатств нашей планеты были созданы особо охраняемые природные территории (ООПТ). Согласно определению Международного союза охраны природы, к особо охраняемым природным территориям относятся отдельные участки земли, а также водной поверхности, где располагаются природные комплексы, имеющие природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное зна-

чение и имеют особый юридический статус. Первые охраняемые природные территории были организованы несколько тысячелетий тому назад, начиная с античных времен, и были основаны на религиозных верованиях. Так, в IV веке в Армении по приказу царя Хосрова Котака был основан "Хосровский лес", преобразованный в настоящее время в заповедник. Также по историческим сведениям до н. э. в 200 году царем Ервандом на берегу реки Ахурян была основана заповедная территория "Цнндоц антар". В тот же самое время в Армавире был посажен лесной участок "Сосяц антар" [1].

Первая система особо охраняемых природных территорий Армении начала формироваться с 1958 года, когда были созданы "Хосровский", "Дилижанский" и "Шикаохский" заповедники и некоторые заказники. В последующие годы, с целью сохранения биоразнообразия, создаются новые национальные парки, заповедники и заказники, которые основываются на государственной земле и управляются государственными организациями. Что касается природных памятников, то они также находятся на государственных землях, но в связи с отсутствием соответствующих механизмов не управляются. Природоохранные территории Армении включают 378523.31 га, что составляет более 12,7% республики.

Первые сведения о грибах Армении, были упомянуты еще в XV веке в рукописи "Ненужное для неучей", автором которого являлся великий армянский врач и ученый Амирдовлат Амасиаци. Были описаны лечебные свойства *Claviceps purpurea* и несколько видов рода Tuber. В 1926 году текст подлинника был опубликован в Вене, после чего в 1990 г. уже был переиздан в Москве [2].

Следующие упоминания о макроскопических грибах встречаются в работе, посвященной изучению флоры грибов Кавказа, где говорится о единичных видах макрогрибов, в частности гастеромицета Battarea phalloides, который был найден в Иджеванском районе Армении, куда входил Дилижанский заповедник [3].

Более богата информацией о грибах работа Н.Н. Воронихина [4], посвященная изучению флоры Кавказа. В нее включены 1073 вида грибов, из которых в Армении найдено несколько видов аскомицетов из родов *Xylaria, Nectria, Hypoxylon, Lachnea* и др., а также 12 видов агариковых грибов и одиночные виды гастеромицетов. Планомерные микологические исследования в Армянской ССР начались в 1930 г, когда была опубликована работа Д.Н. Тетеревниковой-Бабаян и А.А. Бабаяна, где описываются 193 вида грибов, из которых некоторые виды относятся к макромицетам [5].

Вследствие систематических исследований шляпочных грибов в 1951 году была опубликована статья, посвященная изучению съедобных и ядовитых грибов Армянской ССР [6].

Изучение микофлоры Южной Армении и Шамшадинского района отражено в работе Е.С. Арутюнян [7], где отмечено 127 видов дереворазрушающих грибов, таких как трутовые грибы, пиреномицеты и 5 видов шляпочных грибов.

Большую роль в изучении агариковых грибов Армении сыграли исследования Дж.Г. Мелик-Хачатрян, результаты которых были опубликованы в V томе "Микофлоры Армянской ССР" [8], где приведены описания 392 видов агариковых грибов. В отмеченных работах отдельные виды встречаются также в заповедных территориях.

Специальных работ по изучению макроскопических грибов в особо охраняемых природных территориях Армении не было до 1977 г., когда были начаты исследования Хосровского и Дилижанского заповедников республики [9]. Однако грибы на этих участках также упоминаются в ранних микофлористических работах Л.А. Канчавели [10], указывающего 2 вида афиллофоровых грибов для Дилижана.

Изучая микофлору северо-восточной Армении Дж.Г. Мелик-Хачатрян [11] приводит для Дилижанского заповедника 7 видов афиллофоровых и агариковых грибов. В других работах Дж.Г. Мелик-Хачатрян [12] описаны 8 видов гастеромицетов по Дилижанскому и 4 вида по Хосровскому заповеднику.

В работах М.Г. Таслахчьян [13] также были представлены сумчатые макромицеты и их распространение в Дилижанском заповеднике.

В 1976 г. была исследована микофлора Ахнабадского тисового заказника, которая находится на территории Дилижанского заповедника. В результате исследований было зарегистрировано 122 вида грибов, относящихся в основном к классам Ascomycetes (39), Basidiomycetes (65) [14].

По данным Дж.Г. Мелик-Хачатрян [8], в Дилижанском заповеднике было обнаружено 84 вида, а в Хосровском заповеднике один вид из порядка Agaricales.

В Севанском национальном парке было зарегистрировано 66 видов грибов, относящихся к 42 родам, 20 семействам из классов Ascomycetes и Basidiomycetes. На исследуемой территории наибольшим количеством видов был представлен порядок Agaricales (51 вид) [15].

В результате специальных исследований Дилижанского и Хосровского заповедников Армении С.Г. Нанагюлян зарегистрировала 636 видов, вариаций и форм макроскопических грибов, из которых 560 видов в Дилижанском и 125 – в Хосровском заповедниках, вследствие чего была издана монография "Макромицеты Дилижанского и Хосровского заповедников Армении" [16]. Позднее, в 2000 г. была опубликована работа по гастеромицетам Армении, в которой приведены краткие сведения о 83 видах [17]. В 2008 г. вышла в свет книга по шляпочным грибам Армении, где представлены результаты исследований по 565 видам агарикоидным базиомицетам республики [18]. Большинство представленных видов макроскопических грибов были обнаружены также на заповедных территориях Армении. Остальные особо охраняемые территории Армении специально не изучались.

С целью выявления полного таксономического состава и экологической принадлежности, проведения сравнительного анализа с другими заповедниками Армении, нами с 2009 г. были начаты специальные ис-

следования макромицетов Шикаохского заповедника и заказника "Платановая роща" Армении. Согласно нашим материалам [19], [20], [21] и по литературным данным в настоящее время на исследуемой территории зарегистрирован 431 вид макроскопических грибов.

Работа выполнена при частичной поддержке Государственного Комитета по Науке, Министерства образования и науки Республики Армения (Грант N 13-1F 183).

Список литературы

1. Ханджян Н. Особо охраняемые природные территории Армении. Ереван: "Дар". 2001: 64 с. (арм. яз.).
2. Амасиаци А. Ненужное для неучей. М.: Наука. 1990; 13: 880 с.
3. Воронов Ю.Н. Список грибов, до сих известных для флоры Кавказа. Труды Тифл. бот. сада. Тифлис. 1915; 1: 1- 200.
4. Воронихин Н.Н. Материалы к флоре грибов Кавказа. Труды бот. музея. Л.: Изд-во АН СССР. 1927: 87-252.
5. Тетеревникова-Бабаян Д.Н., Бабаян А.А. Материалы к изучению микофлоры ССР Армении. Ереван: Армнаркомзем. 1930: 36 с.
6. Тетеревникова-Бабаян Д.Н., Чолахян Д.П. Материалы к изучению съедобных и ядовитых грибов Армянской ССР. Научн. труды ЕГУ. Ереван. 1951; 32: 39-74.
7. Арутюнян Е.С. Вредная микофлора древесных пород и кустарников дубовых лесов южной Армении. Ереван: Изд-во ЕГУ. 1955: 104 с.
8. Мелик-Хачатрян Дж.Г. Микофлора Армянской ССР. Агариковые грибы. Ереван: Изд-во ЕГУ. 1980; 5: 543 с.
9. Нанагюлян С.Г. Макромицеты Дилижанского заповедника. Сб. Молодой научн. работник. Ереван. 1980; 32; 2: 216-18.
10. Канчавели Л.А. Материалы к микофлоре лесных пород Кироваканского и Дилижанского районов в Армянской ССР. Тбилиси: Труды КЛОСС. 1942; 3: 85-95.
11. Мелик-Хачатрян Дж.Г. Микофлора северо-восточной Армении. Ереван: Изд-во ЕГУ. 1964: 312 с.
12. Мелик-Хачатрян Дж.Г., Мартиросян С.Н. Микофлора Армянской ССР. Ереван: Изд-во ЕГУ. 1971; 2: 382 с.
13. Таслахчьян М.Г. Новые для Армянской ССР виды сумчатых грибов. Новости системат. низш. раст. М.; Л.: Наука. 1978; 15: 139-141.
14. Мелик-Хачатрян Дж.Г., Таслахчьян М.Г., Нанагюлян С.Г. Осенняя микофлора Ахнабадского тисового заказника. Сб. Изуч. грибов в биогеоценозах: Матер. симп. М. 1977: 81-84.
15. Нанагюлян С.Г., Чарчоглян А.А. К изучению макромицетов Национального парка "Севан". Матер. VII Закавк. конф. по спор. раст. Ереван. 1986: 66.
16. Нанагюлян С.Г., Таслахчьян М.Г. Макромицеты Дилижанского и Хосровского заповедников Армении. Ереван: Изд-во ЕГУ. 1991: 200.
17. Нанагюлян С.Г., Осипян Л.Л. Конспект макроскопических грибов Армении. Гастеромицеты. Ереван: Изд. НАН РА. 2000: 52 с.
18. Нанагюлян С.Г. Шляпочные грибы Армении. Ереван: изд-во ЕГУ. 2008: 121 с.
19. Нанагюлян С.Г., Маркарян Л.В., Малхасян А.Г. Материалы к изучению макромицетов Шикахохского заповедника Армении. Современная микология в России. Материалы 3-го Съезда микологов России. М.: Нац. акад. микол. 2012; 3: 120-121.
20. Маркарян Л.В. Материалы к изучению агарикоидных грибов Шикахохского заповедника (Армения). Биоразнообразие и экологические проблемы сохранения дикой природы. Межд. научн. конф. молод. ученых. Армения: Цахкадзор. 2013: 287-290.
21. Nanagulyan SG, Hovhannisyan YKh, Margaryan LV. Conservation of Medicinal Mushrooms in Armenia. The 7th Intern Med Mushroom Conf. China. 2013: 2-0-13.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАКРОМИЦЕТАХ НУРАТИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Мустафаев И. М.
Институт генофонда растительного и животного мира АН РУз, Ташкент

Изучение и сохранение биологического разнообразия макромицетов имеет важное теоретическое и практическое значение. Видовой состав макромицетов в различных регионах Узбекистана изучен в неодинаковой степени [1, 2]. В частности, в Нуратинском заповеднике, который был организован в 1975 г., специальные микологические исследования по изучению макромицетов ранее не проводились.

Заповедник расположен в центральной части хребта Нуратау, в северо-западных отрогах Памиро-Алая. Заповедник имеет площадь 17752 га и охватывает высоты от 530 до 2169 м н.у.м. (предгорный, низкогорный и среднегорный) высотные пояса хребта Нуратау. Территория имеет сложный, сильно расчлененный рельеф и густую гидрографическую сеть с большим количеством мелководных ручьев, временных водотоков, сухих русел и родников.

Климат Нуратинского заповедника континентальный, сухой и теплый, с жарким длительным летом и короткой нехолодной зимой, большое влияние на него оказывает близость пустыни Кызылкум и Голодной степи. Но благодаря сложному рельефу, здесь существует очень широкий спектр микроклиматических условий. 2529 га покрыто лесом (14% площади запо-

ведника), главным образом, это кустарниковые редколесья. Основной лесообразующей породой является миндаль бухарский (1731 га заняты миндальниками), небольшими участками встречаются заросли миндаля колючейшего, фисташки, боярышника, жимолости, кизильника, яблони Сиверса. 320 га занимают реликтовые орехоплодовые леса, которые тянутся узкими лентами по долинам горных речек Нуратау (так называемые галерейные леса).

Они являются одним из основных объектов охраны заповедника.

В 2014 г. нами были проведены полевые сборы плодовых тел макромицетов на территории заповедника. В результате идентификации собранного материала были выявлены 35 видов макромицетов [3–6], перечень которых приведен ниже.

1. *Helvella lacunosa* Afz. Редкий. На влажной почве по берегам ручьев. Весна.

2. *Helvella queletti* Bres. Очень редкий. На почве под пологом орехоплодового леса. Весна.

3. *Morchella conica* Pers. Редкий. На почве. Весна.

4. *Morchella esculenta* Pers. Обычный. На почве, чаще всего по берегам ручьев и арыков. Весна.

5. *Verpa conica* (O.F. Müll.) Sw. Очень редкий. На почве под пологом леса. Весна.

6. *Verpa bohemica* (Krombh.) Schrot. Очень редкий. На почве под пологом орехоплодового леса, среди подстилки. Весна.

7. *Agaricus campestris* L. Fr. Обычный. На почве, на лугах. Весна.

8. *Coprinus comatus* (O.F. Mull.) Pers. Обычный. На рыхлой почве. Лето.

9. *Coprinus plicatilis* (Curtis) Fr. Обычный. На влажных местах, около водоемов. Весна – лето.

10. *Coprinus niveus* (Pers.) Fr. Редкий. На конском навозе. Лето – осень.

11. *Coprinellus micaceus* (Bull) Vilgalys, Hopple & Jaca. Johnson. Обычный. На почве, у пеньков. Весна – осень.

12. *Panaeolus papilionaceus* (Bull.Fr.) Quel. Обычный. На лугах, на богатой гумусом почве. Весна.

13. *Amanita virosa* (Fr.) Bertill. Редкий. На почве под кустами боярышника. Весна.

14. *Macrolepiota excoriata* (Schaeff., Fr.) S. Wasser. Обычный. На почве, под пологом леса, ближе к воде. Весна.

15. *Lentinus tigrinus* (Bull) Fr. Обычный. На древесине, особенно на пеньках. Весна – осень.

16. *Pleurotus ostreatus* (Jacq ex Fr.) P. Kumm. Обычный. На древесине грецкого ореха, ивы, шелковицы и тополя. Весна – осень.

17. *Schizophyllum commune* Fries. Обычный. На разнообразных древесных субстратах. Весь год.

18. *Tricholoma terrum* (Fr) Quel. Обычный. На почве в лесу под боярышником. Весна – лето.

19. *Tricholoma scalpturatum* (Fr.) Quel. Обычный. На почве в лесу под боярышником. Весна – лето.

20. *Lepista personata* (Fr.) Cooke. Обычный. На почве, на открытых лугах и в лесах. Весна – лето.

21. *Leccinum duriusculum* (Schulzer ex Kalchbr) Singer. Обычный. На почве под тополями. Лето.

22. *Inonotus hispidus* (Fr.) Karst. Обычный. На стволах грецкого ореха и ивы. Весна – лето.

23. *Phellinus igniarius* (L.) Quel. Обычный. На стволах ивы и грецкого ореха. Весь год.

24. *Phellinus lonicerinus* (Bond.) Bond. Et Sing. Обычный. На стволах видов Lonicera L. Весь год.

25. *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. Редкий. На стволах ореха. Весь год.

26. *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. Очень редкий. На стволах ивы, по берегам ручьев. Найден осенью.

27. *Laetiporus sulphureus* (Bull. ex Fr.) Bond. et Sing. Обычный. На ивы и грецком орехе. Лето – осень.

28. *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Обычный. На разнообразных древесных субстратах. Весь год.

29. *Bjerkandera adusta* (Willd. ex Fr.) Karst. Обычный. На стволах ивы и ореха. Весь год.

30. *Fomes fomentarius* (L) Fr. Обычный. На стволах ивы и ореха, особенно часто на грецком орехе. Весь год.

31. *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr. Редкий. На стволах грецкого ореха. Весна – лето.

32. *Daldinia concentrica*. Редкий. Редкий. На стволах ослабленных деревьев Celtis caucasica Willd. Весь год.

33. *Scutellinia scutellata* (L.) Lamb. Обычный. На влажной, замшелой древесине по берегам водоемов. Весна – лето.

34. *Bovista plumbea* Pers. Редкий. На сухих лугах. Лето – осень.

35. *Geastrum fimbriatum* Fr. Очень редкий. На почве под пологом леса. Лето.

Среди вышеуказанных видов макромицетов есть очень редкие и нуждающиеся в охране. Надо отметить, что наибольшее количество видов представлено в коренных и слабо нарушенных лесных экосистемах заповедника. Эти данные подтверждают высокую значимость заповедника для сохранении разнообразия не только растительного и животного мира, но также микобиоты Нуратинского хребта.

Список литературы

1. Халикова М.М. Макромицеты Ташкентской области (анализ микофлоры, экология, практическое использование). Автореф. дис… канд. биол. наук. Ташкент. 1989: 20 с.
2. Иминова М. М. Макромицеты Ферганской долины (в пред. Рес. Узбекистан). Автореф. дис… канд. биол. наук. Ташкент. 2009: 20 с.
3. Бондарцев А.С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. М.-Л.: Изд. АН СССР. 1953: 319 с.
4. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы: справочник миколога и грибника. Киев: Наукова думка. 1987: 327 с.
5. Лессо Т. Определитель грибов. М.: АСТ Астрель. 2003: 304 с.
6. Сержанина Г.И. Шляпочные грибы Белоруссии. Минск: Наука и техника. 1984: 407 с.

РОЛЬ ПОЛОВОЙ РЕКОМБИНАЦИИ В ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *PYRENOPHORA TERES* F. TERES НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ И БЕЛАРУСИ

Мироненко Н.В.[1], Анисимова А.В.[1], Баранова О.А.[1], Зубкович А.А.[2], Афанасенко О.С.[1]
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург
[2]Научно-практический центр НАНБ по земледелию», Жодино, Беларусь

Наиболее вредоносным и широко распространенным заболеванием ячменя в ареале его произрастания является сетчатая пятнистость, вызываемая аскомицетом *Pyrenophora teres f. teres* (анаморфа *Drechslera teres*). Потери урожая восприимчивых сортов ячменя от этой болезни в годы эпифитотий, которые возникают с частотой 5 раз в 10 лет, могут достигать от 20 до 40%. Культивирование устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур –наиболее эффективный, ресурсосберегающий и экологически чистый метод борьбы с болезнями.

К настоящему времени разработаны стратегии селекции основных сельскохозяйственных культур на устойчивость к наиболее вредоносным болезням, которые базируются на сведениях об эволюционном потенциале популяций возбудителей болезней и наличии генетического разнообразия устойчивости хозяев.

Известно, что половая рекомбинация у фитопатогенных грибов является причиной возникновения новых рас, то есть расширения спектра вирулентности паразитов.

Цель исследования – определение роли половой рекомбинации в изменчивости популяций *P. teres f. teres* из России и Беларуси. Поскольку патоген является гетероталичным, то для успешной половой рекомбинации необходимо наличие изолятов с двумя типами спаривания: MAT1-1 и MAT1-2.

Задачами исследования являлось определение соотношения изолятов патогена с различными типами спаривания и выявление уровня изменчивости популяций по вирулентности к набору сортов-дифференциаторов в природных популяциях возбудителя.

Материалы и методы. В 2014 г. собран инфекционный материал в виде пораженных пятнистостями листьев ячменя в Волосовском районе Ленинградской обл. с сорта ячменя Суздалец, в ОПХ «Родина» Псковской обл. также с сорта ячменя Суздалец и в Батецком районе Новгородской обл. с ярового ячменя сорта Таусень. В условиях Беларуси инфекционный материал был собран в Ивановском районе Брестской обл., Хойникском районе Гомельской обл. и Смолевичском районе Минской обл.

Изоляцию гриба из пораженных листьев проводили по общепринятым методикам, с использованием модифицированной агаровой среды Чапека (ЧЛМ) следующего состава: KCl – 0,5 г, KH_2PO_4 – 0,5 г, $MgSO_4$ – 0,5 г, мочевина – 1,2 г, лактоза – 20 г, агар-агар – 20 г на 1л водопроводной воды (Бенкен и др., 1969). Моноспоровые изоляты были получены путем переноса отдельных конидий на свежую среду ЧЛМ. Всего в коллекции 2014 г. представлено 90 изолятов гриба из северо-западных популяций патогена и 138 изолятов из белорусских популяций гриба.

ДНК изолятов грибов выделяли известным методом (Murray, Thompson, 1980).

Принадлежность изолятов к одной из двух форм гриба: *P. teres f. teres* (PTT) или *P. teres* f. maculata (PTM) определяли помощью ПЦР с видоспецифичными праймерами (Williams et all, 2001).

Тип спаривания изолятов *P. teres f. teres* в ПЦР был определен с праймерами, специфичными к локусам типов спаривания MAT1-1 и MAT1-2 (Lu et all, 2010). Нуклеотидные последовательности праймеров:

PTT-MAT1-1-F –
5’-ATGAGACGCTAGTTCAGAGTCT-3’;

PTT-MAT1-1-R –
5’-GATGCCGAGCCAAGGACAA-3’;

PTT-MAT1-2-F –
5’-TACGTTGATGCAGCTTTCTCAAT-3’ и

PTT-MAT1-2-R –
5’-AACACCGTCCAAAGCACCT-3’

(Lu et all, 2010).

Условия ПЦР анализа приведены в оригинальных источниках (Williams et al., 2001; Lu et al., 2010).

Номера расам присваивали, используя октальную систему (Afanasenko et al., 2009). Инокуляцию проростков сортов-дифференциаторов ячменя грибом *P. teres f. teres* проводили путём опрыскивания отрезков проростков ячменя, помещенных на 0,004% раствор бензимидазола конидиальной суспензией концентрации 5–7 тыс./мл. В качестве контроля использовали универсально восприимчивый сорт Пиркка.

Кювету с инокулированными отрезками листьев накрывали стеклом и помещали в светоустановку с интенсивностью освещения 3–5 тыс. люкс при температуре +22 °С.

Тип реакции каждого растения на инокуляцию изолятами P. teres f. teres определяли на 4–5-е сут после заражения по 10-ти балльной шкале (Tekauz,1985):

1 – точечные некрозы (высокая устойчивость);

2–3 – некротические штрихи с небольшим хлорозом (реакция устойчивости);

4–6 – некротические пятна, окружённые чётко-выраженным хлорозом (промежуточный тип реакции);

7–8 – сливающиеся некротические пятна, окружённые хлорозом (восприимчивость);

9–10 – весь отрезок поражён некрозом и хлорозом (высокая восприимчивость).

Определяли средний балл по пяти растениям при заражении определенным изолятом.

Результаты и обсуждение. Методом ПЦР диагностики изолятов *P. teres* с праймерами специфичными к *P. teres f. teres* и *P. teres f. maculata* была доказана принадлежность всех тестируемых изолятов к *P. teres f. teres*.

С помощью молекулярной диагностики аллелей локуса типа спаривания изолятов *P. teres f. teres* показа-

но, что в двух популяциях Новгородской и Псковской преобладал один тип спаривания изолятов, а именно MAT1-1 (соотношение MAT1-1 и MAT1-2 – 28:1 и 20:1, соответственно), тогда как в популяции из Ленинградской обл. соотношение типов спаривания (15:11), соответствовало теоретически ожидаемому для панмиксных популяций 1 : 1. Основываясь на распределении изолятов с разными типами спаривания в популяциях патогена, можно предположить, что в двух популяциях преобладает бесполый тип размножения, а третья популяция является панмиксной. Соответственно, в этих популяциях ожидается разный уровень генетической изменчивости, в том числе селективных признаков вирулентности.

Распределение типов спаривания в белорусских популяциях P. teres f. teres демонстрирует возможность полового цикла в этих популяциях гриба. В популяциях из Брестской и Минской областей изоляты с типами спаривания MAT1-1 и MAT1-2 представлены примерно в равном соотношении: 19:9 (соотношение 1:1, $\chi2=3,57$) и 10:19 (соотношение 1:1, $\chi2=2,79$) соответственно. В популяции из Гомельской обл. соотношение MAT1-1 и MAT1-2 изолятов составляло 12:32, то есть с преобладанием изолятов MAT1-2. Однако, по-видимому, все три белорусские популяции являются панмиксными.

Проведено сравнительное изучение вирулентности 2-х популяций *P. teres f. teres* из Северо-запада РФ (Ленинградская и Псковская обл.) и 2-х из Беларуси (Минская и Гомельская обл.) на международном наборе сортов-дифференциаторов ячменя. Наиболее сильные отличия наблюдаются по частоте вирулентных изолятов к сорту Харбин и образцам CI 5791 и к-8755. К двум последним образцам не выявлено вирулентных изолятов в белорусских популяциях, тогда как в популяции из Ленинградской обл. число вирулентных изолятов составило 17,4 и 8,7%, а в псковской популяции 11,1 и 7,4% соответственно. К сорту Харбин в образце популяции из Минской обл. также отсутствовали вирулентные изоляты, в Гомельской был выявлен один вирулентный изолят, в то время как в Ленинградской и Псковской областях их число составляло 17,4 и 22,2% соответственно. Средняя вирулентность популяций из Беларуси была ниже, чем популяций из РФ: 1,93 и 1,71 для минской и гомельской популяций и 2,39 и 2,78 для популяций патогена из Ленинградской и Псковской областей, соответственно.

В популяциях из Ленинградской и Псковской обл. выявлено 11 и 13 рас, тогда как из минской и гомельской популяций 7 и 8 рас соответственно. Число уникальных рас, выявленных только в определенной популяции составило: в Ленинградской и Псковской популяциях 45,5 и 46,1%, тогда как в популяциях из Минской и Гомельской областей – 28,6 и 12,5% соответственно.

Таким образом, данные анализа популяций патогена по вирулентности привели нас к парадоксальному выводу о меньшей гетерогенности панмиксных белорусских популяций по сравнению с панмиксной популяцией из Ленинградской обл. и клоновой из Псковской. Популяции патогена из Ленинградской и Псковской областей имели высокую степень сходства и по числу вирулентных изолятов к сортам-дифференциаторам, и по расовому составу. Этот факт можно объяснить тем, что обе популяции были собраны с одного и того же сорта Суздалец. При этом в популяции из Ленинградской обл. соотношение изолятов с различными типами спаривания свидетельствует о регулярной половой рекомбинации, тогда как в образце псковской популяции преобладали изоляты с одним типом спаривания. Полученные данные позволяют рассматривать половой процесс у гриба P. teres не только как источник внутривидовой изменчивости за счет мейотической рекомбинации, но и как фактор стабилизирующего отбора, механизмом которого является, по-видимому, мейотический дрейф, приводящий к элиминации определенных комбинаций генов в популяциях. Мейотический дрейф закрепляет в эволюции высокую частоту встречаемости в популяциях отдельных аллелей путем их преимущественного сохранения в процессе мейоза (Turner, Perkins, 1991).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-90039 Бел_а и БРФФИ № Б14Р-137.

Список литературы

1. Бенкен А.А., Гайке М.В., Хацкевич Л.К. Сетчатый гельминтоспориоз ячменя. Тр. 5 Всес. совещ. по иммунитету растений. Киев. 1969; 5(2): 38-42.
2. Murray HG, Thompson WF. Rapid isolation of high molecular weight DNA. Nucl Acids Res. 1980; 8: 4321-5.
3. Lu S, Platz GJ, Edwards MC, Friesen TL. Mating type (MAT) locus-specific PCR markers for differentiation of Pyrenophora teres f. teres and P. teres f. maculata,the causal agents of barley net blotch. Phytopathology. 2010; 100: 1298–306.
4. Williams KJ, Smyl C, Lichon A et all. Development and use of an assay based on the polymerase chain reaction that differentiates the pathogens causing spot form and net form of net blotch of barley. Australian Plant Pathol. 2001; 30: 37-44.
5. Afanasenko O, Jalli M, Pinnschmidt H. et all. Development of an international standard set of barley differential genotypes for Pyrenophora teres f. teres. Plant Pathology. 2009; 58: 665-76.
6. Tekauz A. A numerical scale to classify reactions of barley to Pyrenophora teres. Can J Plant Pathol. 1985; 7: 181-3.
7. Turner BC, Perkins DD. Meiotic drive in Nuerospora and other fungi. Amer. Nat. 1991; 137: 416-29.

МИКРОМИЦЕТЫ ПЕЩЕРЫ ШУЛЬГАН-ТАШ

Галимзянова Н.Ф., Кузьмина Л.Ю., Рябова А.С., Мелентьев А.И.
Уфимский Институт биологии РАН, Уфа

Пещера Шульган-Таш (Каповая) расположена на Южном Урале (Государственный природный заповедник Шульган-Таш, Республика Башкортостан). Она является археологическим памятником мирового значения с палеолитической живописью и стоянкой древнего человека. Пещера представляет собой систему галерей, коридоров и залов, расположенных на трех гипсометрических уровнях. Общая длина пещеры 2640 м, площадь пола 20,2 тыс. м^2, глубина 30 м, амплитуда 103 м [1]. В 1960 г. А.В. Рюминым в пещере были обнаружены наскальные изображения, отнесенные к эпохе палеолита. К настоящему времени обнаружено 172 рисунка [2].

Проблемы, создаваемые развитием микроорганизмов в карстовых полостях при их массовом посещении людьми, широко известны. Особую остроту они приобретают в пещерах с уникальной палеолитической живописью из-за высокой вероятности повреждения рисунков при активном развитии бактерий и микроскопических грибов [3, 4].

Не является исключением и пещера Шульган-Таш. После открытия рисунков поток посетителей возрос многократно, доступ туристов к оригиналам изображений был прекращен полностью в 2002 г. Зал Рисунков расположен на втором этаже пещеры (290 м от входа), основными посетителями этого зала в настоящее время являются специалисты, их количество не превышает 235 человек в год.

Цель работы – изучение численности и видового состава микроскопических грибов в зале Рисунков пещеры Шульган-Таш. Для определения видового состава и численности микромицетов воздуха использовали седиментационный метод, кроме того, были проанализированы соскобы со стен зала. Пробы грунта отбирали в виде 5 индивидуальных образцов с участков с высокой проходимостью (тропы) и за их пределами. Выделение и учет микромицетов проводили на среде Чапека. Для культивирования применяли два температурных режима (28 и 7 ˚С). Идентификацию микромицетов осуществляли по культурально-морфологическим признакам [5–7]. Для оценки значимости отдельных видов использовали критерии пространственной и временной частоты встречаемости, а также показатель относительного обилия.

В ходе микологического обследования зала Рисунков было выделено более 51 вида микромицетов. Среди них также были представлены стерильные формы (w – светло- и d – темноокрашенные), дрожжевые грибы (группа – дрожжи), а также не идентифицированные сумчатые грибы (группа – Ascomycetes) (табл. 1, 2).

Таблица 1. Видовой состав микромицетов воздуха зала Рисунков

Выделено		
1 раз	2 раза	3–7 раз
Acremonium charticola (Lindau) W. Gams, Arachniotis sp., Aspergillus candidus Link, C. herbarum (Pers.) Link, Cylindrocephalum stellatum (Harz) Sacc, Geotrichum candidum Link, Mucor sp., Oidiodendron cereale (Thüm.) G.L. Barron, Isaria farinosa (Holmsk.) Fr., Penicillium lividum Westling P. vulpinum (Cooke & Massee) Seifert & Samson, Rhinocladium nigrosporioides Kamyschko, Tilachlidium ramosum, Trichophyton terrestre Durie & D. Frey, Stachybotrys chartarum (Ehrenb.) S. Hughes, Mycelia sterilia d, Ascomycetes	Alternaria alternate (Fr.) Keissl., Aspergillus ustus (Bainier) Thom &Church, A. versicolor (Vuill.) Tirab., Cephalotrichum stemonitis (Pers.) Nees, Chrysosporium merdarium (Ehrenb.) J.W. Carmich., Humicola grisea Traaen, Fusicolla merismoides (Corda) Gräfenhan, Seifert & Schroers, Mortierella sp., Penicillium aurantiogriseum Dierckx Trichosporiella sp., Verruconis verruculosa (R.Y. Roy, R.S. Dwivedi & R.R. Mishra) Samerp. & de Hoog	Cladosporium cladosporioides (Fresen.) G.A. de Vries, G. pannorum (Link) Sigler&J.W. Carmich., Mycelia sterilia w., дрожжи

Взаимодействие карстовых полостей с внешней средой осуществляется за счет различных вещественно-энергетических потоков, самыми мощными из них являются воздушный и водный. Анализ воздуха зала Рисунков позволил выявить 29 видов микромицетов, большинство из которых встречалось однократно (табл. 1).

Численность грибов в воздухе составляла 66,7 КОЕ/м^3. Наиболее часто из воздуха этого зала выделялись темноокрашенные грибы рода *Cladosporium*, а также *Geomyces pannorum*, доминирующий и в почве грунта (табл. 2). Слабая циркуляция воздуха в зале создает условия для осаждения биоаэрозолей на поверхности камней. Проведен анализ визуально заметных обрастаний на стенах зала. Виды *Penicillium aurantiogriseum, Geomyces pannorum, Acremonium rutilum W. Gams, Cephalotrichum stemonitis, Trichoderma sp., Fusicolla merismoides* выделялись из отдельных

Таблица 2. Микромицеты грунта зала Рисунков
(пространственная частота встречаемости / относительное обилие, %)

Виды	Тропа	Вне тропы		
	28˚C	7˚C	28˚C	7˚C
Alternaria alternata (Fr.) Keissl.	40/7.4	20/0.5		
Aspergillus aureolatus Munt.-Cvetk. & Bata	40/4.4	80/3.9		
A. fumigatus Fresen	20/1.5		20/6.7	
A. niger Tiegh.	40/4.4	40/1.9	40/33.3	
A. versicolor (Vuill.) Tirab.	100/35.3	100/10.2		
A. flavus var. oryzae (Ahlb.) Kurtzman, M.J. Smiley, Robnett & Wicklow			20/6.7	
Cephalotrichum stemonitis (Pers.) Nees)		40/1.9		
Cladosporium cladosporioides (Fresen.) G.A. de Vries		20/0.5		
C. herbarum (Pers.) Link		20/1.5		
Cylindrocarpon didymum (Harting) Wollenw.	80/11.8	40/0.9		
Cylindrocephalum stellatum (Harz) Sacc.		60/6.8		
Dicoccum minutissimum Corda		20/0.5		
Fusicolla merismoides (Corda) Gräfenhan, Seifert & Schroers		60/2.4		
Fusarium oxysporum Schltdl.		60/33.2		
Geomyces pannorum (Link) Sigler & J.W. Carmich.	20/4.4	100/13.2		20/15.8
Geotrichum candidum Link	60/5.9	40/0.9		
Humicola grisea Traaen		20/0.9	40/20.0	
H. nigrescens Omvik	20/1.5	20/0.5		
Monodictys castaneae (Wallr.) S. Hughes	60/10.3			
M. levis (Wiltshire) S. Hughes		20/0.5		
Mortierella sp.		40/0.9	20/13.3	
Mucor sp.				20/5.3
Oidiodendron griseum Robak		20/0.5		
Paecilmyces variotii Bainier			40/13.3	
Penicillium aurantiogriseum Dierckx		40/2.4		
P. decumbens Thom	20/1.5			
P. purpurogenum Stoll (Talaromyces purpurogenus (Stoll) Samson, Yilmaz, Frisvad & Seifert				20/5.3
P. spinulosum Thom		20/0.5		
Phialophora sp.	20/2.9	60/4.4		
Rhinocladiella sp.	20/2.9	20/0.5		
Scopulariopsis sp.				20/5.3
Sphaerostilbella aureonitens (Tul. & C. Tul.) Seifert, Samuels & W. Gams		20/0.9		
Stachybotrys chartarum (Ehrenb.) S. Hughes	60/4.4	20/0,5		
Tilachlidium ramosum Kamyschko				20/5.3
Trichoderma polysporum (Link) Rifai	20/1.5			
Wardomyces ovalis W.Gams		40/0.9		
Mycelia sterilia w		40/4.4		20/57.9
Ascomycetes		20/0.5	20/6.7	
Дрожжи		60/3.4		20/5.3
Всего видов	15	26	6	5

пятен, тогда как *Aspergillus aureolatus, C. herbarum* и *P. glabrum* были представлены в большинстве проб. Сопоставление данных полученных при анализе воздуха и соскобов выявило ряд общих видов, что свидетельствует о высокой вероятности занесения их с воздухом. Развитие микромицетов в непосредственной близости от рисунков создает реальную угрозу их сохранности, однако международный опыт показал, что проведение мероприятий по защите наскальных изображений от биоповреждений требует адекватной научной подготовки и осторожности [8].

В грунте зала микромицеты присутствовали в малых количествах, однако их численность на тропах (69 КОЕ/г) превышала содержание в грунте менее

посещаемых мест (1,8 КОЕ/г). Выявлено уменьшение пространственной неравномерности содержания микромицетов в грунте тропы (V численности на тропе -38.4%, а вне тропы – 51.1%), что может указывать на загрязнение грунта органическим веществом антропогенного происхождения.

В образцах грунта тропы обнаружено высокое видовое богатство микромицетов (29 видов), с преобладанием психротолерантных видов (26 и 15 видов соответственно) (табл. 2). Присутствие аспергиллов, которые характерны для почв дневной поверхности, а также выделение *S. chartarum, F. oxysporum*, видов типичных для почв агроценозов республики [9], может свидетельствовать об антропогенном загрязнении грунта этого участка.

Существенно меньшим видовым богатством характеризовались образцы грунта, отобранные вне тропы – 11 видов (табл. 2). Обнаружение в грунте этого участка аспергиллов, выделенных и на тропе, вероятно, свидетельствует о том, что антропогенное загрязнение грунта может транслироваться на менее посещаемые участки. Расчет коэффициентов Съеренсена показал, что видовые составы грибов грунта тропы и участка вне нее отличаются – S=15,4% (мезофиллы) и 7.8% (психротолерантные виды) что указывает на сохранение специфичности видового состава микромицетов в ненарушенных грунтах этого зала.

Проведенные исследования позволили определить видовой состав микроскопических грибов грунта, воздуха и обрастаний стен зала Рисунков пещеры Шульган-Таш. Показано, что рекреационная нагрузка приводит к увеличению численности и изменению видового состава микромицетов грунта зала.

Список литературы

1. Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Карст и спелеология в книге. Карст Башкортостана. Под ред. Р.Ф. Абдрахманова. Уфа: Информреклама, 2002: 301-340 с.
2. Ляхницкий Ю.С., Юшко А.А., Минников О.А., Червяцова О.Я. Исследование палеолитической живописи пещеры Шульган-Таш (Каповой). Биологическое разнообразие, спелеологические объекты и историко-культурное наследие охраняемых природных территорий Республики Башкортостан: Сборник научных трудов. Вып.3.Уфа: Информреклама. 2008: 229-74.
3. Bastian F, Jurado V, Novákova A et all. The microbiology of Lascaux Cave. Microbiology. 2010; 156:644–652.
4. Stomeo F, Portillo MC, Gonzalez JM. Assessment of Bacterial and Fungal Growth on Natural Substrates: Consequences for Preserving Caves with Prehistoric Paintings. Curr Microbiol. 2009; 59: 321–5.
5. Raper B, Fennell DI. The genus Aspergillus. Baltimore: Williams and Wilkins Co., 1965. 686 p.
6. Raper B., Thom C. A Manual of Penicillia. New-York; London: Hafner Publishing Co, 1968. 875 p.
7. Watanabe T. Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species. 2nd ed. CRC PRESS. 2002: 487 p.
8. Bastian F, Alabouvette C, Jurado V, Saiz-Jime-nez C. Impact of biocide treatments on the bacterial communities of the Lascaux Cave. Naturwissenschaften. 2009. 96: 863-8.
9. Галимзянова Н.Ф., Бойко Т.Ф. Микромицеты чернозема южного при использовании нетрадиционных видов органических удобрений. Изв. Самарского научного центра РАН. 2011;13, № 5(3): 30-2.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГАСТЕРОМИЦЕТОВ РОДА *LYCOPERDON* В РОССИИ

Ребриев Ю. А.

Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону

Род *Lycoperdon*, описанный Турнефором в 1709 г., первоначально объединял многие таксоны грибов и миксомицетов, характеризующихся ангиокарпным строением плодовых тел. Дальнейшее развитие микологии позволило уточнить границы рода. Были выделены роды *Geaster* (Micheli, 1729), *Cyathus* (Haller, 1768), *Bovista* и *Tulostoma* (Persoon, 1794).

В настоящее время в мире известно около 50 видов этого космополитного рода (Kirk et all, 2008). В большинстве систем 2-й половины XX в. он помещался в семействе Lycoperdaceae порядка Lycoperdales. Однако активное применение молекулярных методов в систематике грибов привело к коренным изменениям во взглядах на систему Basidiomycetes. В настоящее время считается доказанным принадлежность рода *Lycoperdon* и других таксонов Lycoperdaceae (а также Nidulariales, Tulostomatales и многих других гастероидных базидиомицетов) семейству Agaricaceae (Hibbert et al., 1997; Moncalvo et al., 2002; Hibbert et al., 2007 и др.). Данные геносистематики позволяют критически пересмотреть и родовую принадлежность многих видов *Lycoperdon*. Наиболее наглядной в этом отношении является работа E. Larsson, M. Jeppson (2008), где на основании анализа нуклеотидных последовательностей маркерных участков рДНК (ITS1-5.8S-ITS2 и LSU) поставлена под сомнение состоятельность морфологических концепций ряда *Lycoperdon, Vascellum*, *Calvatia* s.l.).

Однако авторами не предложено четких морфологических концепций рода, которые могли бы отразить полученную молекулярными методами систему. Безусловно, это крайне сложно, а может быть и неосуществимо в принципе. В любом случае для решения практических задач, а именно идентификации образцов, более удобны и доступны традиционные морфологические методы, которых мы предлагаем придерживаться.

Материалом исследований послужили образцы, хранящиеся в микологических гербариях Ботаниче-

ского института им. В. Л. Комарова РАН (акроним LE), Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений РАСХН (акроним LEP), Биолого-почвенного института ДВО РАН (акроним VLA M). Обработана также личная коллекция автора и коллекции из разных регионов России, любезно предоставленные для изучения коллегами.

Распространение видов в пределах России приведено на основании изученного гербарного материала. Литературные данные учитывались с большой осторожностью для уточнения картины распространения видов, поскольку не исключена вероятность неверного определения образцов.

При обработке гербарного материала в Микологическом гербарии БИН РАН обнаружены ранее не приводимые в русскоязычной литературе для России виды *L. frigidum, L. niveum* (материал обработан В. Демуленом в 1975г). Образец еще одного нового для России вида (*L. estonicum*) найден в БИНе при разборе старых экспедиционных сборов из Саяно-Шушенского заповедника. Подтверждение произрастания на территории России таких малоизученных видов, как *Lycoperdon echinulatum* и L. eximium, представляло особый интерес. Эти таксоны приводились для Дальнего Востока достаточно давно (Васильева, Сосин, 1959; Сосин, 1973) и позже никем из исследователей не отмечались.

Благодаря содействию Е.М. Булах была изучена коллекция гастеромицетов из Микологического гербария Биолого-почвенного института ДВО РАН и в частности образцы, определенные П.Е. Сосиным как *Lycoperdon echinulatum* и *L. eximium*. Все они были переопределены как разные виды рода *Lycoperdon* (*L. caudatum, L. umbrinum, L. perlatum, L. nigrescens*), а также *Morganella* sp. nov. В то же время в дальневосточных материалах имелся ряд еще не определенных образцов, изучение которых позволило увеличить список российских видов еще на 3 (*Lycoperdon gulmargense* и *L. yasudae, Lycoperdon* sp.nov.). Безусловно, необходимо дальнейшее более детальное изучение гастеромицетов интереснейшего дальневосточного региона. Исследование позволило значительно расширить в восточном направлении известные ареалы ряда видов.

В изученном материале обнаружено несколько образцов, внешне сходных с *Lycoperdon umbrinu*m, характеристики спор которых при этом четко отличают этот материал от известных видов. Так, размер спор достаточно сильно варьирует, встречаются стеригмы (прикрепленные к споре или чаще обламывающиеся) необычной вздутой формы. По всей видимости, такое сильное варьирование размеров спор может свидетельствовать о неодинаковом числе ядер в них. Утолщение стеригм также может происходить за счет того, что при мейозе и последующем созревании спор часть ядер не доходит до споры и остается в стеригме.

Еще одно интересное наблюдение – контаминация образца *Lycoperdon umbrinum* (YuR 2408) грибом *Tomentella* sp. В верхней части глебы при микроскопировании обнаружен обильный мицелий этого гриба с характерными частыми крупными пряжками. При этом споры и капиллиций самого хозяина нормально развиты и внешне не отличаются от других образцов этого вида. Данное наблюдение очень интересно, поскольку подтверждает наше предположение о подобной контаминации типового материала *Abstoma fibulaceum Sosin* (Ребриев и др., 2014). В последнем случае гифы паразита развиты значительно сильнее и заполняют всю глебу, что и дало повод принять их за капиллиций и стало причиной описания нового таксона.

Ниже приводится список видов Lycoperdon, произрастание которых подтверждено гербарным материалом, с некоторыми примечаниями.

Список видов рода Lycoperdon, отмеченных в России

1. Lycoperdon atropurpureum Vittad.
2. Lycoperdon caudatum J. Schröt.
3. Lycoperdon decipiens Durieu et Mont.
4. Lycoperdon dermoxanthum Vittad.

N.B. ранее в отечественной и зарубежной литературе этот вид часто объединялся с морфологически сходным Bovista furfuracea Pers. под общим названием Bovista pusilla auct.

5. Lycoperdon echinatum Pers.
6. Lycoperdon ericaeum Bonord.
7. Lycoperdon estonicum Demoulin

N.B. Вторая находка после типа. Собран в Саяно-Шушенском заповеднике.

8. Lycoperdon frigidum Demoulin

N.B. Ранее не было известно о произрастании вида в Азии.

9. Lycoperdon gulmargense K.S. Thind & I.P.S. Thind

N.B. Вторая находка после типа. Собран в Приморском крае.

10. Lycoperdon lambinonii Demoulin

N.B. Ранее не было известно о произрастании вида в Азии.

11. Lycoperdon lividum Pers.
12. Lycoperdon mammiforme Pers.
13. Lycoperdon marginatum Vittad.
14. Lycoperdon molle Pers.
15. Lycoperdon nigrescens Pers.
16. Lycoperdon niveum Kreisel
17. Lycoperdon norvegicum Demoulin

N.B. Ранее не было известно о произрастании вида в Азии.

18. Lycoperdon perlatum Pers.
19. Lycoperdon pyriforme Schaeff.
20. Lycoperdon umbrinum Pers.
21. Lycoperdon yasudae (Lloyd in Yasuda) Kreisel

N.B. Вторая находка после типа. Собран в Приморском крае.

22. Lycoperdon sp.nov.

N.B. Собран в Приморском крае.

Список литературы

1. Micheli P.A. Nova plantarum genera iuxta Tournefortii methodum disposita. Bernardi Paperinii, Florentiae, 1729.
2. Haller A von. Historia stirpium indigenarum Helvetiae inchoate. 1768.

3. Persoon ChH. Neuer versuch einer systematische Eintheilung der Schwämme. Römers Neues Magazin für der Botanik. 1794: 109.
4. Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. (Eds.) Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 10-th Edition. CABI–Wallingford. 2008: 771 p.
5. Hibbert DS, Pine EM, Langer E et all. Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. Proc Natl Acad Sci USA. 199; 94: 12002-6.
6. Moncalvo JM, Vilgalys R, Redhead SA et all. One hundred and seventeen clades of euagarics. Mol Phylogen Evol. 2002; 23: 357-400.
7. Hibbett DS, Binder M, Bischoff JF et all. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. Mycol Res. 2007; 111: 509-47.
8. Larsson E, Jeppson M. Phylogenetic relationships among species and genera of Lycoperdaceae based on ITS and LSU sequence data from North European taxa. Mycol Res. 2008; 112: 4-22.
9. Васильева Л. Н., Сосин П. Е. К флоре гастеромицетов Приморского края. Сообщения Дальневосточного филиала им. В. Л. Комарова Сибирского отделения АН СССР. 1959; 11: 58-62.
10. Сосин П. Е. Определитель гастеромицетов СССР. Л.: Наука. 1973: 164 с.
11. Ребриев Ю.А., Белая Е.В., Дудка И.А. Ревизия действительно обнародованных таксонов гастеромицетов, предложенных П.Е. Сосиным в качестве новых для науки. Микол. фитопатол. 2014; 48(3): 195-201.

ВИДЫ РОДА *HYMENOSCYPHUS GRAY* НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Богачева А.В.
Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток

Род *Hymenoscyphus* Gray – один из самых крупных таксонов среди иноперкулятных дискомицетов. В него объединены виды с мелкими гладкими плодовыми телами до 5 мм высотой и диаметром диска до 3 мм, окраска может быть от белой до коричневой, иногда розовые. Развиваются на различных субстратах, тип которых является важным таксономическим признаком наряду с морфометрическими характеристиками спор. Представители рода *Hymenoscyphus* широко распространены, встречаются во всех климатических зонах. Вместе с тем, в таксономическом отношении это один из самых проблемных родов среди иноперкулятных дискомицетов.

Изначально был описан род *Helotium* Tode для двух видов мелких непластинчатых агариковых грибов [1]. Persoon C.H. предложил ввести новый сумчатый вид *Helotium aciculare* (Bull.) Pers. в определенный Тодом род. Несколькими годами позднее он же ввел дополнительные характеристики сумчатых грибов в диагноз рода Helotium Tode. Оба же его непластинчатых агариковых вида поместил в секцию под названием "Species dubiae, subtus fructificantes".

Еще позже он исключил оба этих вида и перевел их в новый род Perona Pers. [2, 3]. Вследствие этого название рода *Helotium* Tode стало синонимом *Helotium* Pers. со следующим диагнозом: "Helotium (stipitatum). Recept. Capituliforme, convexo-hemisphaericum, utrique leave." Таксон включал в себя 7 видов: *H. aciculare, H. aureum, H. fimitarium, H. galeatum, H. glabrum, H. hirsutum* и *H. menalopus.* Позднее Дэнис (Dennis R.W.G.) выделял два подрода: *Helotium* – диск выпуклый без отчетливого края, пора на сумке не амилоидная; типовой вид – *H. aciculare, и Hymenoscypha* – диск выпуклый или почти выпуклый с отчетливым краем, пора на сумке обычно амилоидная; типовой вид – *H. scutula* [4]. Виды подрода *Hymenoscypha* он подразделял на несколько секций: Scutulae – светлоокрашенные виды, от желтоватых до коричневых, развивающиеся на стеблях и листьях, споры округлые или крючковатые с одного конца и заостренные с другого; Sublenticularae – ярко-желтые или охряные виды, развивающиеся на древесных субстратах, клетки эксципулума сравнительно толстостенные и поры едва реагируют на йод, споры эллипсоидные; Subferrugineae – светло-коричневой окраски виды, клетки эксципулума тонкостенные, споры от эллипсоидальных до веретеновидных, пора на сумке очень сильно синеет в йоде; Immutabiles – беловатые или светлоокрашенные виды, развивающиеся на листьях и стеблях травянистых растений, споры от эллипсоидных до веретеновидных; Sclerotioideae – мелкие виды, развивающиеся из стромы, погруженной в ткань растения; Calycellae – желто-окрашенные виды, развивающиеся на стеблях травянистых растений и шишках, почти сидячие, слегка покрыты беловатым налетом с внешней стороны апотеция, споры септированные; Epiphylleae – желто- или коричнево-окрашенные виды, развивающиеся на опавших листьях и строительном мусоре, на мхах, почти сидячие, эксципул псевдопаренхиматический, споры эллипсоидные (группа близка к Calycellina); Bryophylleae – группа видов, ассоциированная в своем развитии со мхами, возможно паразиты, имеющие родственные связи с видами Ciborioideae.

На протяжении следующих 130 лет название рода *Helotium* Pers. широко использовалось в различных микологических сборниках только для сумчатых грибов. После номенклатурных изысканий Донка (Donk M.A.), исследователи дискомицетов стали сознавать, что название рода *Helotium* Pers. не имеет силы. Было сделано официальное предложение законсервировать его. Основная проблема принятия этого предложения

заключалась в поисках замены названия дискомицетному роду. Позднее решено было использовать название рода – *Hymenoscyphus* Gray, но для некоторых видов было использовано другое родовое название – *Cudoniella* Sacc. [5]. Но проблемы разграничения таксонов в роде Hymenoscyphus существуют и по сей день. Подтверждением этому длинные ряды синонимов. По данным Index Fungorum зарегистрировано 204 валидных таксона рода *Hymenoscyphus*.

Представители рода *Hymenosyphus* – активные деструкторы древесного и растительного опада. Исследуя микобиоту растительных сообществ дальневосточного региона, на листовом опаде различных древесных растений в подстилке нами отмечено 7 видов: *H. caudatus* (P. Karst.) Dennis, *H. fraternus* (Peck) Dennis, *H. friesii* (Weinm.) K.S. Thind et M.P. Sharma, *H. immutabilis* (Fuckel) Dennis, *H. phyllogenus* (Rehm) Kuntze, *H. phyllophilus* (Desm.) Kuntze и *H. pseudoalbidus* Queloz, Grunig, Berndt, T. Kowalski, T.N. Sieber et Holdenr.

Ежегодное накопление подстилки в лесах региона представляет собой довольно внушительную массу. Большинство отмеченных видов развивается на фракции из перезимовавшего опада, при этом не прослеживается четкой видовой специализации за редким исключением. Тем не менее, указанные виды расселены по территории региона неравномерно. Самым распространенным является *H. caudatus*. Единичные точки сбора у образцов грибов *H. fraternus, H. friesii, H. immutabilis* и *H. phyllophilus*.

Дальневосточные леса характеризуются богатым травяным подлеском. В процессах деструкции стеблей травянистых растений принимают участие такие виды как *H. eschscholtziae* (W. Phillips et Harkn.) M.P. Sharma, *H. herbarum* (Pers.) Dennis, H. humuli (Lasch) Dennis, *H. pileatus* (P. Karst.) Kuntze, *H. repandus* (W. Phillips) Dennis, *H. robustior* (P. Karst.) Dennis и *H. scutula* (Pers.) W. Phillips. Особенности дальневосточной растительности предопределили широкое расселение по региону отмеченных видов. Массовыми видами в регионе можно назвать *H. scutula* и *H. herbarum*. Наибольшая их концентрация наблюдается на островах Сахалинской области в местах развития «сахалинского высокотравья». В этих районах встречены и такие редкие виды как *H. rhytidiadelphi* Svrček, развивающийся на мхах, и *H. magnificus* (Velen.) Dennis, развивающийся на осоках.

Значительную долю подстилки составляет веточный опад, который заселен представителями рода *Hymenosyphus*. Среди дереворазрушающих видов рода также не прослеживается четкой специализации по древесным породам. Массово по дальневосточным лесам расселен *H. calyculus* (Sowerby: Fr.) W. Phillips. В южной части региона распространены – *H. imberbis* (Bull.) Dennis, *H. laetus* (Boud.) Dennis и *H. lutescens* (Hedw.: Fr.) W. Phillips, в северной – *H. salicellus* (Fr.) Dennis и *H. serotinus* (Pers.) W. Phillips.

Дубовые леса в южной части региона – это очень распространенная растительная формация. В ней помимо вышеупомянутых представителей рода можно встретить и гриб – *Hymenoscyphus fructigenus* (Bull.) Fr., развивающийся на таком специфическом субстрате, как плюски дуба и желуди.

Виды рода *Hymenoscyphus* играют важную роль в жизнедеятельности человека, оказывают как положительное, так и отрицательное влияние. В последнее время актуальность проблеме придала вспышка распространения болезни, вызывающей некроз ветвей ясеня. Возникшая в Европе с начала века эпифитотия некроза ветвей ясеня, поставила под угрозу существования деревообрабатывающую промышленность многих стран. На Дальнем Востоке гриб абсолютно безвреден, но в Европе он стал причиной гибели большой популяции ясеня. Ведущие ученые Европы, США и Азии заняты поисками путей решения проблемы губительного влияния гриба, заражающего деревья. В 2006 году была описана анаморфная стадия возбудителя – *Chalara fraxinea* T. Kowalski, и тогда это было связано с телеморфой – *Hymenosyphus albidus* (Gillet) W. Phillips [6]. Здесь существует масса вопросов, начиная с того, что стадии гриба не совпадают по молекулярно-генетическим показателям. Дальнейшие исследования определили телеморфную стадию как *Hymenoscyphus pseudoalbidus* Queloz, Grunig, Berndt, T. Kowalski, T.N. Sieber et Holdenr. [7].

Проведенные исследования показали, дальневосточная микобиота включает 23 вида рода Hymenoscyphus Gray. Отмеченные виды занимают различные экологические ниши. Это позволяет им активно участвовать в процессах утилизации растительных остатков и древесины, становясь важным фактором в жизнеобеспечении растительных сообществ.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 14-04-90003 Бел-а, Президиума ДВО РАН № 15-I-6-007.

Список литературы

1. Tode HJ. Fungi Mecklenburgenses Selecti. Fasc. 1. Nova Fungorum Genera Complectens, 1790. P. 1-50.
2. Persoon CH. Synopsis Methodica Fungorum. 2: i-ii. Germany, Göttingen; Henricus Dieterich. 1801: 241-706.
3. Persoon CH. Mycologia Europaea. 1. Erlangen; J.J. Palmius. 1822: 356 p.
4. Dennis R.W.G. A revision of the British Helotiaceae in the Herbarium of the Royal Botanic Gardens, Kew, with notes on related European species. Mycol Papers; 1956; 62: 216
5. Donk M.A. The generic names proposed for Agaricaceae. Beih. Nova Hedwigia. 1962; 5: 1-320.
6. Kowalski T., Holdenrieder O. Pathogenicity of Chalara fraxinea. Forest Pathology. 2009; 39: 1-7.
7. Queloz V, Grünig CR, Berndt R et all. Cryptic speciation in Hymenoscyphus albidus. Forest Pathol. 2011; 41(2): 133-42.

Глава 6.
Экология грибов. Экстремофилы

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.06

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОМИКОБИОТЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ г. БАКУ

Алиев И.А., Джабраилзаде С.М., Ибрагимов Э.А.
Институт микробиологии НАН Азербайджана, Баку

Ухудшение экологической ситуации в окружающей среде активизирует большинство представителей гетеротрофного блока, в том числе микроскопических грибов. В большинстве исследований нашло свое доказательство тот факт, что микромицеты являются постоянными компонентами воздушной среды жилых зданий [1, 5]. Кардинальные изменения экологической ситуации в окружающей среде не проходят без воздействия на структуры и формирование внутрикомнатныхаэромикобиоты. В последние годы постепенный прирост гетерогенной аэромикобиоты и повышение динамики биологической активности потенциальных патогенов приводит к некоторым негативным явлениям здоровья населения. Известно что, более 10% населения мира страдают от микоаллергических и микотоксических заболеваний [3].

Цель работы – изучение микологического состояния жилых зданий, построенных в 1950–2000 гг. в городе Баку. При помощи методов седиментации и аспирации были взяты пробы внутрикомнатного атмосферного воздуха из 110 квартир 28 зданий. Исследования проводились общепринятыми методами [2, 4].

В пробах воздуха из обследованных квартир зданий были обнаружены в основном плесневые грибы, среди которых преобладают представители родов *Aspergillus, Penicillium, Mucor, Alternaria, Chaetomium, Cladosporium, Trichoderma* и они являются постоянными компонентами воздуха. Эти грибы встечались в 80% обследованных квартир, а представители других родов не более, чем в 10% квартир жилых зданий.

Таксономическая структура выявляемый микобиоты жилых зданий представлена 68 видами из 20 родов, относящихся к 3 классам, в том числе Hyphomycetes – 55 видов из 16 родов, *Zygomycetes* – 9 видов из 3 родов, *Ascomycetes* – 4 вида из 1 рода. Анализ родового состава микроскопических грибов показал, что из 20 выявленных родов микобиоты обследованных зданий следующие роды больше имеют видовое разнообразие: *Aspergillus* –14 видом или 20,6%, *Penicillium* – 9 видов или 13,3%, *Cladosporium* – 6 видов или 8,8%, *Mucor* – 6 видов или 8,8%, *Alternaria* – 5 видов или 7,3%, *Chaetomium* – 4 видов или 5,9%, *Trichoderma* – 4 видов или 5,9%.

Как видно, высшеуказанные роды характеризируются достаточно наибольшим видовым разнообразием и составляет 70,6% общей микобиоты помещений. А роды *Acremonium, Fusarium, Paecilomyces*, *Stachybotrys, Stemphylum, Ulocladium* и *Rhizopus* имеют по 2 вида каждый и соответственно по 3%. На долю остальных 6 родов представленных каждый одним видом, приходится 9% видового состава микроскопических грибов, обитающих в воздухе обследованных зданий.

В воздухе современных жилых зданий наиболее часто встречаются *Aspergillus flavus* Link., *A. fumigatus* Fresen, *A. niger* Tiegh., *A. versicolor* Tirab., *Alternaria alternata* (Fr) Keissl., *Cladosporium cladosporioides* Fresen., *C. herbarum* (Pers) Link., *Mucor hiemalis* Wehmer, *M. circinelloides* Tiegh., *Penicillium chrysogenum* Thom., *P. decumbens* Thom., *P. frequentans* Westling, *P. janthinellum* Biourge, *P. funiculosum* Thom., *P. verrucosum* Dierckx.

А в старых помещениях в основном встречаются *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnoud, *Botrytis cinerea* Pers., *Cladosporium sphaerospermum* Penz., *Aspergillus nidulans* (Eidam) G. Winter, *A. terreus* Thom., *A. ochraceus* G. Wilt., *Geotrichum candidum* Link., *P. expansum* Link., *P. purpurogenum* O. Stoll., *P. stoloniferium* Thom., *Scopulariopsis brevicaulis* (Sacc.) Bainier, *Mucor plumbeus* Bonord., *M. racemosus* Fresen., *Rhizopus arrhizus* A.Fischer., *Trichoderma viride* Pers.: Fr., *U. chartarum* (Preuss) Simmons.

Сравнительный анализ видового состава аэрогенной микобиоты показал, что 10 видов микромицетов и в современных и в старых помещениях является постоянными компонентами воздуха: A. ochraceus G. Wilt., *A. fumigatus* Fresen., *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries., *C. herbarum* (Pers) Link., *P. chrysogenum* Thom., *P. citrinum* Thom., *P. verrucosum* Dierckx., *Geotrichum candidum* Link., *M. racemosus* Fresen., *Alternaria alternata* (Fr) Keissl. Выявлено, что несмотря на разные экологические состояния в жилых зданиях формируется своеобразная аэромикобиота с относительно стабильным доминирующими комплексом грибов, которые состоит из 4 родов класса *Hyphomycetes, Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Cladosporium* и 1 рода класса Zygomycetes-Mucor.

Следует отметить, что все перечисленные виды микрокопических грибов, входящие в состав микобиоты воздуха жилых зданий, являются обычными обитателями почвы и с эколо-трофической точки зрения называются сапротрофами. Поэтому, острые экологические ситуации в локальном или глобальном масшта-

бе влияют на топические закономерности грибов как в открытых, так и в замкнутых экосистемах. Так как, во время дисбаланса экологических факторов в жилых зданиях образуются благоприятные условия для развития условно-патогенных или так называемых оппортунистических грибов и приводит к генерации патогенных свойств.

Выявлено, что в жилых зданиях, повышение влажности в зависимости от времени эксплуатации способствует трансформации потенциально-патогенных оппортунистических грибов, которые приводят к образованию разных микологических заболеваний как эндогенноого, так и экзогенного характера в организме человека. К таким оппортунистическим грибам относятся *Aspergillus clavatus* Desm., *A. fumigatus* Fresen, *A. flavus* Link., *A. niger* Tiegh., *A. ochraceus* G. Wilt., *A. versicolor* Tirab., *Alternaria alternata* (Fr) Keissl., *Aureobasidium pullulans* G. Arnoud., *Chaetomium globosum* Kunze., *Cladosporium cladosporioides* (Fresen) G.A. de Vries., *C. elatum* (Harz.) Nannf, *C. sphaerospermum* Penz, *C. herbarum* (Pers)Link., *Paecilomyces variotii* Bainier., *P. aerugineus* Samson, *Mucor circinelloides* Tiegh., *M. racemosus* Fresen., *Rhizomucor pusillus* (Lindt) M.A. Schipper, *Rhizopus arrhizus* A. Fischer, *Scopulariopsis brevicaulis* (Sacc.) Bainier, *Stachybotryschartarum* (Ehrenb. Ex. Link) Hughes., *Trichoderma viride* Pers.: Fr., *Ulocladium chartarum* (Preuss) Simmons.

Таким образом, оппортунистические грибы входят в состав аэромикобиоты жилых зданий и являются фактором риска для здоровья людей.

Список литературы

1. Богомолова Т.С., Кирцидели И.Ю., Миненко Е.А. Потенциально опасные микромицеты жилых помещений. Микол. фитопатол. 2009; 43(6): 506-13.
2. Васильев О.Д., Гоик В.Г., Светлов Д.А., Васильева А.О. Методология исследования микобиоты помещений. Пробл. мед. микол. 2002; 4(2): 66-7.
3. Марфенина О.Е. Оппортунические грибы в антропогенно нарушенных экосистемах. Совр. пробл. микол., альгол. фитопатол. М. 1998: 249-50.4.
Саттон Д., Фотергилл А., Риналди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир. 2001: 486 с.
5. Li D.-W., Kendrick B. Indoor aeromycota in relation to residential characteristics and allergic symptoms. Mycopathologia. 1995; 131(3): 149-57.

САПРОФИТНЫЕ И УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫЕ ДРОЖЖИ В АЭРОЗОЛЯХ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Андреева И.С.[1], Сафатов А.С.[1], Соловьянова Н.А.[1], Морозова В.В.[2], Тикунова Н.В.[2], Бабкин И.В.[2], Буряк Г.А.[1], Селиванова М.А.[1]

ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор», Кольцово, Новосибирская обл.;
[2]Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск

Биоаэрозоли, имеющие в своем составе споры растений, грибы, бактерии, вирусы, белковые макромолекулы, продукты жизнедеятельности микроорганизмов, частицы с остатками распадающихся организмов, способны вызывать или провоцировать аллергические и инфекционные заболевания [1-3]. В связи с этим, проведение мониторинга биологической компоненты атмосферного аэрозоля представляется весьма актуальным. Дрожжевые организмы широко распространены в природе.

Большая часть видов или групп видов имеют высокоспециализированные места обитания в природных экосистемах, тесно ассоциированы с живыми растениями или растительными остатками, позвоночными и беспозвоночными животными, являясь сапрофитными, патогенными или условно-патогенными микроорганизмами [4].

Представлены данные по численности и разнообразию дрожжей и дрожжеподобных грибов атмосферных аэрозолей Юга Западной Сибири, идентифицированных молекулярно-генетическими методами и по фенотипическим признакам. Исследование выполнено в рамках НИР «Оценка опасности жизнеспособных микроорганизмов в атмосферном аэрозоле юга Западной Сибири для здоровья человека».

Материалы и методы. При отборе образцов атмосферного воздуха использовали импинджеры, содержащие в качестве сорбирующей жидкости 50 мл раствора Хенкса (ICN iomedicals), с расходом 50 л/мин. Высотные пробы отбирали в последней декаде каждого месяца в дневное время на 8 высотах от 7000 до 500 м над лесным массивом в 50 км к югу от Новосибирска с помощью лаборатории «Оптик-Э», смонтированной на самолете Ту-134. Наземные пробы были отобраны на площадках, расположенных на территории ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» и в п. Ключи Новосибирской области.

Для выявления жизнеспособных микроорганизмов пробы аэрозолей высевали на селективные питательные среды, для обнаружения низших грибов и дрожжей применяли среду Сабуро [5]. Высевы инкубировали при температурах 28-30 °С и 6-10 °С до 20 сут. Индивидуальные колонии, выросшие на агаризованных средах, использовали для получения чистых культур и последующего определения их признаков в соответствии с [4, 6]. Концентрацию микроорганизмов в пробах вычисляли стандартными методами [7], при усреднении 2–3 параллелей высевов на 4-5 различных питательных средах.

Для идентификации штаммов дрожжей и дрожжеподобных грибов молекулярно-генетическими

методами использовали 2 участка генома этих микроорганизмов: ITS-последовательность межгенного рибосомного спейсера и NS-фрагмент 18S рРНК. ДНК выделяли из суспензий микроорганизмов с использованием набора «ДНК-технология» (НК-технология, Россия) по методике, прилагающейся к набору. Реакцию амплификации NS-фрагмента геномной ДНК дрожжей вели с использованием олигонуклеотидов NS1 и NS8 для 1-го раунда ПЦР (полученный фрагмент 1700 н.п.), NS1 и NS2 для 2-го раунда ПЦР (полученный фрагмент ~600 нп.) [8].

Реакцию амплификации ITS-фрагмента геномной ДНК вели с использованием олигонуклеотидов ITS1 и ITS4 для первого раунда ПЦР (полученный фрагмент ~ 700 н.п.), ITS3 и ITS4 для второго раунда ПЦР (300н.п.) [9]. В качестве матрицы использовали выделенную геномную ДНК, реакцию вели с использованием Taq-ДНК-полимеразы и буфера (Fermentas). Полученные в ходе второго раунда ПЦР ДНК-фрагменты очищали элюцией из GTG-агарозы (Lonza, Израиль). Реакцию секвенирования полученных ПЦР-фрагментов проводили с использованием тех же олигонуклеотидов и реактива BigDye v.3.1 (Applied Biosystems, США) в стандартных условиях. Электрофоретическое разделение продуктов реакции секвенирования вели с использованием прибора ABI Sequencing Analyzer 3500. Полученные последовательности анализировали с использованием программного обеспечения ABI Sequence Scanner и Sequencher v.4.1.4. Сравнение последовательностей с имеющимися в GenBank последовательностями NS и ITS-фрагментов проводили с использованием алгоритма BLASTN.

Нуклеотидные последовательности геномов родственных видов были найдены в базе данных GenBank (http:.www.ncbi.nih.gov) с помощью программы BLAST (http:.blast.ncbi.nlm.nih.gov/). Для выравнивания нуклеотидных последовательностей использовали программу MAFFT [10]. Филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей геномов проводили методом максимального правдоподобия с помощью программы Mega v. 5.2.2 [11]. Достоверность дерева была тестирована перестановочным анализом по 1000 итераций.

Результаты и обсуждение. В исследованных образцах аэрозолей обнаружены микроорганизмы, относящиеся к широкому спектру родов сапрофитных и патогенных бактерий, таких как *Brevibacillus, Kocuria, Brevundimonas, Deinococcus, Micrococcus, Arthrobacter, Flavobacterium, Acetobacter, Bacillus, Paenibacillus, Acinetobacter, Staphylococcus, Streptococcus* и др.

Плесневые грибы, представляющие опасность в качестве патогенных и аллергенных агентов, более всего были представлены родами *Alternaria, Cladosporium, Penicillium, Mucor, Trichoderma, Fusarium и Aspergillus*. Максимальная численность микромицетов была зафиксирована в летние периоды, составляющая в среднем до 10% от общего количества выделяемых микроорганизмов. Число и представительство микробных изолятов в разных образцах было различным, составляло от <1 до 5×10^3 кл/мл пробы, отличалось в аэрозолях, взятых на разных высотах и в разное время года, однако для построения сезонных и высотных зависимостей для индивидуальных микроорганизмов данные представляются недостаточными.

Культивирование при низкоположительных температурах, показало, что концентрация психротолерантных микроорганизмов в ряде образцов была на 2–3 порядка больше, по сравнению с численностью изолированных мезофильных микроорганизмов. Среди выделенных холодолюбивых изолятов в большем количестве и разнообразии, чем среди мезофиллов, были представлены пигментные неспороносные бактерии и дрожжи, достигая в отдельных пробах численности до $1{,}13\times10^5$ КОЕ/м^3.

Холодостойкие дрожжи известны среди родов *Saccharomyces, Zygosaccharomyces, Pichia, Torulopsis*, и др., включающих факультативные и условно-патогенные виды родов *Aerobasidium, Entyloma, Candida, Rhodotorula, Cryptococcus, Malassezia*, вызвающие микозы у людей с ослабленным иммунитетом.

В образцах аэрозолей воздуха выявлены жизнеспособные изоляты дрожжей и дрожжеподобных грибов, отнесенных по совокупности фенотипических и геномных признаков к родам *Bullera, Sporidiobolus, Aerobasidium, Cryptococcus, Sporobolomyces, Rhodotorula, Candida, Entyloma* и ряду других. Распределение штаммов по филогенетическим группам (рис. 1, 2) коррелировало с выявленными фенотипическими признаками соответствующего рода. В то же время степень сходства с родственными видами, наблюдаемая при построении филогенетического дерева, не всегда подтверждалась данными, полученными при исследовании фенотипических признаков штаммов более точной их идентификации.

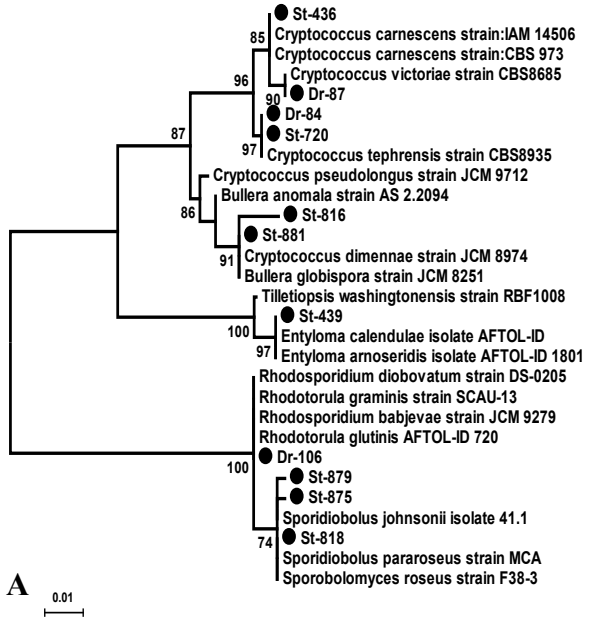
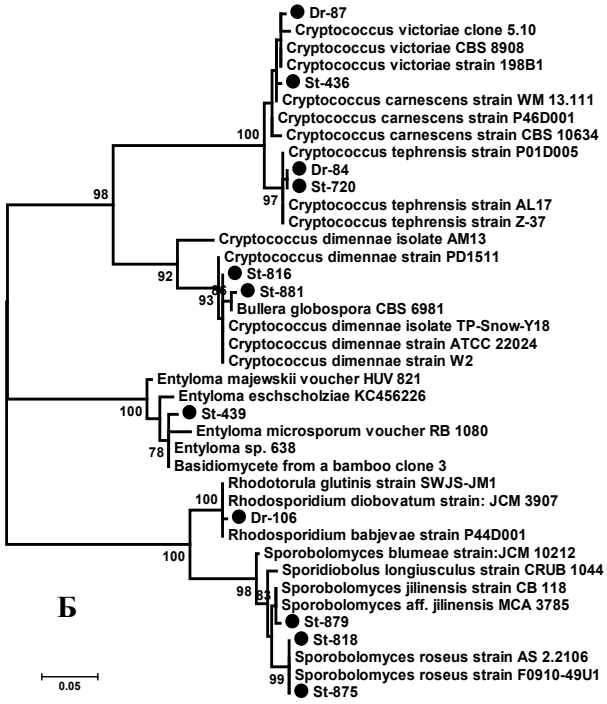


Рис. 1. Филограммы, построенные методом максимального правдоподобия на основе выровненной стопки нуклеотидных последовательностей:
1А – гена 18S рРНК; 1Б – внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS), отнесенных к базидиальным грибам (отдел Basidiomycota) (см. след. стр.).



Б

нуклеотидных последовательностей гена 18S рРНК, отнесенных к сумчатым грибам (отдел Ascomycota).

Последовательности полученные в данной работе обозначены черными кружками. Цифры показывают индексы статистической надежности узлов дерева (приведены значения, превышающее 70%). Снизу приведена шкала дивергенции (замен на сайт).

В результате исследования показано, что среди дрожжей и дрожжеподобных грибов, выделенных из аэрозолей атмосферного воздуха, широко представлены жизнеспособные представители родов *Aureobasidium, Sporidiobolus, Cryptococcus, Candida, Rhodotorula* и ряда других, среди которых известны патогенные и условно-патогенные штаммы, представляющие опасность для человека. Баллистоспоры, образуемые многими из них, способствуют их повсеместному распространению, включая атмосферу.

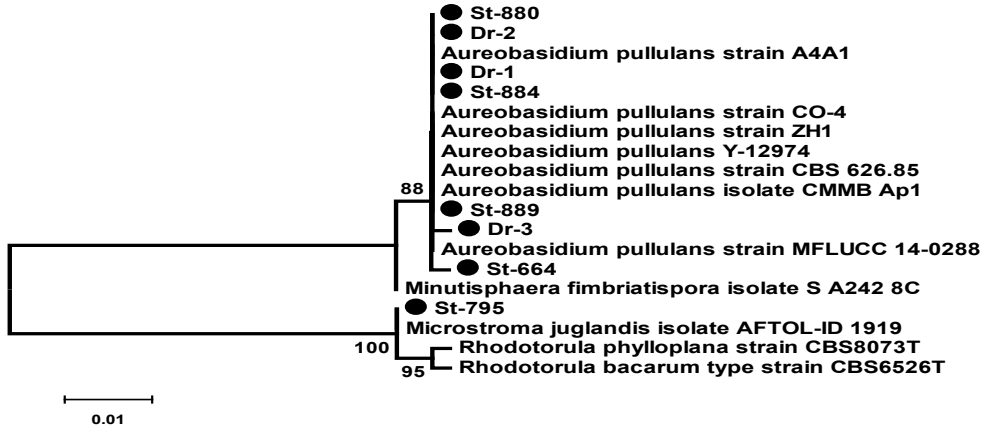


Рис. 2. Филограмма, построенная методом максимального правдоподобия на основе выровненной стопки

Список литературы

1. D'Amato G, Spieksma FTM. Aerobiologic and clinical aspects of mould allergy in Europe. Allergy. 1995; 50(11): 870-7.
2. Davidson CI, Phalen RF, Solomon PA. Airborne particulate matter and human health: A review. Aerosol Sci Technol. 2005; 39(8): 737-49.
3. Anderson, H.R. (2009). Air pollution and mortality: A history. Atmospheric Environment, 43(1): 143-52.
4. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М. 2004: 221 с.
5. Saggie E. The methods of soil microbiology. M.: MIR. 1983: 295 p.
6. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: «Мир». 2001: 468 с.
7. Statistical methods in microbiological studies, edited by IP. Ashmarin&AA. Vorobyov, Leningrad: Medgiz, 1962: 180 p.
8. Hoshino YT. Molecular Analyses of Soil Fungal Community – Methods and Applications. In: Soil Health and Land Use Management. Ed. MS Ernandes Soriano Intec. 2011: 279-304.
9. Gardes M, Bruns D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. Mol Ecol. 1993; 2: 113-8.
10. Katoh K, Kuma K, Toh H, Miyata T (2005) MAFFT version 5: improvement in accuracy of multiple sequence alignment. Nucleic Acids Res 33: 511-8.
11. Tamura K., Peterson D, Peterson N et all. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. Mol. Biol. Evol. 2011; 28, 2731-9.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ В НАСАЖДЕНИЯХ БУЛЬВАРНОГО КОЛЬЦА г. МОСКВЫ

Белов Д.А.
Московский государственный университет леса, Мытищи

Московские бульвары помимо эстетической выполняют и утилитарную функцию. Расположенные в кварталах с высокой плотностью застройки, они часто выполняют функции садов жилых микрорайонов, то есть используются жителями для прогулок и отдыха с детьми, взрослым населением – для отдыха и общения в течение всего дня [1–4].

Самые старые по времени создания бульвары Москвы образуют Бульварное Кольцо – непрерывную последовательность бульваров в Центральном административном округе, состоящую из десяти бульваров (Гоголевский, Никитский, Тверской, Страстной, Петровский, Рождественский, Сретенский, Чистопрудный, Покровский, Яузский). Длина их цепи составляет более 9 км. С 1862 г. насаждения Бульварного Кольца многократно реконструировались.

Последняя по времени проведения реконструкция Бульварного кольца началась в 2008 г. Первыми были реконструированы Чистопрудный, Никитский, Рождественский и Страстной бульвары. В 2011 г. работы были завершены на Яузском, Гоголевском, Петровском и Сретенском бульварах. В 2012 г. реконструкция завершилась работами на Тверском и Покровском бульварах.

Периодические изменение структуры насаждений на бульварах Кольца привели к тому, что на всем его протяжении произрастают как старые, так и средневозрастные и сравнительно молодые растения. При этом точечные высадки единичных экземпляров растений различных видов проводятся каждый год.

Автор изучает состояние насаждений бульваров в ЦАО г. Москвы и его динамикум, начиная с 1997 г. [5].

Летом 2014 г. было проведено разовое обследование территории Бульварного Кольца со сплошным перечетом древесно-кустарниковой растительности. В процессе работы была дана оценка состоянию 3899 экземплярам древесных и 8857 экземплярам кустарниковых растений, относящихся к 73 видам. Ниже приведена часть результатов проведенных работ.

Основу ассортимента древесных растений составляют как коренные лиственные лесообразующие виды – липа мелколистная (38,4%), клен остролистный (8,3 %), тополь бальзамический (5,2%), вяз гладкий (4,9% от общего количества древесных растений), так и интродуцированные растения – ясень пенсильванский 23,2%), клен ясенелистный (3,7%). Остальные виды древесных растений представлены небольшим количеством экземпляров (от 1 до 91 – максимум 2,3 % от общего количества древесных растений в насаждениях Бульварного Кольца).

Хвойных растений в насаждениях на Бульварном кольце произрастает 86 экземпляров (2,2 %), практически половина из которых, представлена елью колючей.

Среди кустарниковых растений 60,7% от общего количества представлено кизильником блестящим, 11,0% – караганой древовидной, 7,6% – боярышником, обыкновенным, 5,0% – сиренью обыкновенной.

Шесть видов кустарников представлены в количестве от 100 до 200 экземпляров, двадцать восемь видов – в количестве менее 100 экземпляров каждый.

Наиболее высокое разнообразие ассортимента древесно-кустарниковых растений наблюдается в насаждениях Страстного (32 вида), Тверского и Чи-

Таблица 1. Состояние древесных и кустарниковых растений в насаждениях на Бульварном Кольце

Бульвар	Количество экземпляров в % по категориям состояния					
	1	2	3	4	5	6
Гоголевский	87,07	9,69	1,33	1,62	0,23	0,06
Никитский	93,79	5,85	0,18	0,18	-	-
Тверской	69,97	21,52	5,94	1,73	0,12	0,72
Страстной	81,25	15,16	1,22	2,02	0,21	0,05
Петровский	68,8	25,12	2,72	2,88	0,32	0,16
Рождественский	89,84	7,20	1,16	1,16	-	0,64
Сретенский	83,06	15,19	0,75	1,00	-	-
Чистопрудный	79,98	16,87	2,36	0,48	0,26	0,05
Покровский	36,47	48,77	11,71	1,72	1,06	0,27
Яузский	21,7	72,9	2,4	1,8	1,2	-
Итого на Бульварном Кольце	77,91	17,45	2,86	1,34	0,21	0,23

стопрудного (по 28 видов) и Покровского (26 видов) бульваров. На Яузском бульваре произрастает всего 6 видов древесных и кустарниковых растений.

Состояние древесных и кустарниковых растений в насаждениях на Бульварном Кольце представлено в табл. 1.

Данные, представленные в табл.1, позволяют утверждать, что общее состояние растений на Бульварном Кольце следует признать удовлетворительным.

Однако, несмотря на доминирование растений, отнесенных к 1 и 2 категориям состояния, следует обратить внимание на отсутствие лиственных растений, отнесенных к 0-вой категории состояния, что говорит о мощном антропогенном прессе наряду с естественными факторами ослабления растений.

Также следует отметить, что в насаждениях на двух бульварах (Покровский и Яузский) доминируют растения, отнесенные ко 2 категории состояния, а также

Таблица 2. Дереворазрушающие грибы, идентифицированные в насаждениях Бульварного Кольца

Вид дереворазрушающего гриба*	Вид пораженного растения**						
	1	2	3	4	5	6	7
Щелелистник обыкновенный (Schizophyllum commune (Fries))	+		+	+	+	+	
Настоящий трутовик (Fomes fomentarius (L.) Fr.)	+		+		+		+
Серно-желтый трутовик (Laetiporus sulphureus (Bull.) Murrill)		+					+
Кленовый трутовик (Oxyporus populinus (Schumach.) Donk)			+				
Трутовик чешуйчатый (Polyporus squamosus (Huds.) Fr.)				+			

* На тополе бальзамическом и нескольких экземплярах ясеня пенсильванского были обнаружены старые плодовые тела дереворазрушающих грибов не подлежащие идентификации. Признаки гниения древесины стволов также наблюдались на единичных экземплярах боярышника кроваво-красного, вяза мелколистного, каштана конского обыкновенного, клена татарского, сирени венгерской

** 1 – Вяз гладкий, 2 – Дуб черешчатый, 3 – Клен остролистный, 4 – Клен ясенелистный, 5 – Липа мелколистная, 6 – Рябина обыкновенная, 7 – Ясень пенсильванский.
На остальных бульварах ассортимент древесно-кустарниковой растительности представлен 14 – 23 видами.

имеется наибольшее количество (относительно общего количества растений на бульваре) сухостоя текущего года. Наличие сухостоя в насаждениях Бульварного Кольца недопустимо как с эстетической точки зрения, так и с точки зрения безопасности посетителей.

В ходе обследования произрастающих на территории Бульварного кольца деревьев и кустарников было выявлено присутствие нескольких видов дереворазрушающих грибов (табл. 2). При их определении использовались широко известные определители [6, 7].

Приведенные в табл. 2 виды дереворазрушающих грибов были обнаружены на всех бульварах Кольца, за исключением Сретенского. Около 2,7 % древесных растений от общего количества на бульварах Кольца (см. табл. 3) требуют замены, так как имеют низкие категории состояния, различные признаки наличия стволовых гнилей, вызванных вышеуказанными видами дереворазрушающих грибов, часто сопряженных с иными повреждениями древесных растений.

В то же время, для части экземпляров возможно проведение индивидуального лечения, в частности экземпляра дуба черешчатого, произрастающего на Тверском бульваре и пораженного серно-желтым трутовиком. Это дерево является памятником регионального значения. Считается, что возраст этого дуба практически совпадает с началом обустройства Тверского бульвара (около 230 лет).

Таким образом, выявлено наличие широкое распространение в насаждениях Бульварного Кольца дереворазрушающих грибов, представляющих потенциальную опасность для состояния древесных растений.

Список литературы

1. Башкевич И.Я., Самоев С.Б., Морозова И.А. Влияние химического состава городских почв на состояние древесных насаждений. Экология большого города. Альманах. М.: Прима-Пресс. 1998; 3: 62-73.
2. Сытин П.В. История московских улиц. М.: Эксмо, 2008: 512 с.
3. Федосюк Ю.А. Москва в кольце Садовых. М.: АСТ, 2009: 446 с.
4. Фролова В.А. Исследование структуры насаждений на общегородских объектах озеленения (на примере бульваров г. Москвы). Автореф.... дисс. учен. степ. канд. с.-х. н. М. МГУЛ. 2001: 23 с.
5. Белова Н.К., Соколова Э.С., Белов Д.А. Состояние зеленых насаждений на бульварах Москвы. Лесной вестник. М.: МГУЛ. 2000; 6: 100-10.

Таблица 3. Количество экземпляров древесных растений, требующих замены

Причина замены	Вид пораженного растения**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Аварийное состояние, связанное с пораженностью гнилями древесины ствола	-	-	1	1	-	-	2	-	-	-	1	1
Наличие признаков стволовой гнили (в том числе дупло, плодовое тело гриба или иные признаки)	-	-	2	-	5	1	7	31	1	1	4	30
Наличие признаков стволовой гнили в сочетании с признаками поселения стволовых вредителей	1	1	-	-	-	-	-	5	-	-	4	6
Итого	1	1	3	1	5	1	9	36	1	1	9	37

1 – Боярышник кроваво-красный, 2 – Вяз гладкий, 3 – Вяз мелколистный, 4 – Каштан конский обыкновенный, 5 – Клен остролистный, 6 – Клен татарский, 7 – Клен ясенелистный, 8 – Липа мелколистная, 9 – Рябина обыкновенная, 10 – Сирень венгерская, 11 – Тополь бальзамический, 12 – Ясень пенсильванский

6. Журавлев И.И., Селиванова Т.Н., Черемисинов Н.А. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников: Справочник. М.: Лесная промышленность. 1979: 247 с.

7. Семенкова И.Г. Фитопатология. Дереворазрушающие грибы, гнили и патологические окраски древесины (определительные таблицы). М.: МГУЛ. 2001. 58 с.

ДИСКОМИЦЕТЫ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ДУБНЯКОВ

Богачева А.В.

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток

Дальний Восток – крупнейший лесной регион России, характеризуется богатой флорой древесных ресурсных растений. Многие из них связаны с грибами – облигатными паразитами и гемибиотрофами. Видовой состав грибов, связанный с определенной группой растений, может служить индикатором состояния, жизнеспособности, этих растений на данной территории. В южной части Дальнего Востока дубовые леса являются одной из наиболее распространенных лесных формаций. Из трех дальневосточных видов дуба наиболее распространен дуб монгольский. Дуб зубчатый растет на юге Приморского края, дуб курчавый встречается на юге Сахалина и на южных островах Курильской гряды [1]. До последнего времени дубовые леса были мало перспективны в коммерческом отношении. Современная рыночная конъюнктура изменила отношение к этой лесной формации. Ныне большой интерес у лесопромышленников вызывают запасы ее древесины. Повысилась и рекреационная нагрузка на дальневосточные дубовые леса. Все эти факторы сопровождаются возникновением ряда проблем. Для успешного решения возникших проблем нами были проведены исследования структуры микобиоты дальневосточных дубняков, а также разнообразия и распространения грибов, ассоциированных с дубом.

Анализ экологической структуры исследуемой микобиоты показал, что определяющим фактором при расселении грибов является наличие субстратов, и, в меньшей степени, корректируется абиотическими факторами. Участие грибов каждой экогруппы показывает сбалансированность процессов утилизации растительных остатков и интенсивность энергетического круговорота в растительных ценозах. Филофильные виды заселяют листовой опад. В мировой литературе есть данные о 29 видах грибов из различных классов подцарства Ascomycota, отмеченных на листовом опаде дуба [2–9 и др.]. Из них в дальневосточных дубняках нами обнаружены 7 – *Hymenoscyphus epiphyllus, H. phyllophilus, Hyalopeziza pygmaea, Incrucipulum ciliare, Lachnum capitatum, L. virgineum, Ciborinia candolleana*. Проведенные инвентаризационные работы показали, что микобиота листового опада дуба в дальневосточном регионе разнообразнее, чем где бы то ни было в умеренных широтах. Нами были отмечены и такие фи-

лофильные виды, как *Arachnopeziza aurelia, Ciborinia bifrons, Hyalinia tumidula, Lachnellula ciliata, Lachnum soppitii, Mollisina uncinata, Pezicula livida, Setoscypha lachnobrachyoidea*. Характерными признаками филлофильных грибов являются формирование на одном субстрате нескольких мелких по размеру плодовых тел до 2 мм в диаметре. Более крупные аскомы вряд ли успешно развились на столь незначительном по запасу пищевых ресурсов в субстрате.

Ежегодное накопление подстилки в дубовых лесах региона представляет собой довольно внушительную массу. Как известно, подстилка, в широком смысле, представляет собой многокомпонентную систему, состоящую из перезимовавшего опада (как листового, так и веточного) и нижнего слоя - растительных остатков, сохранивших еще некоторую свою структуру. Анализ распределения дискомицетов по субстратам показал, что с увеличением деструкции листового опада меняется видовой состав ее грибного населения. По нашим данным, на перепревшем 2-3-годичном опаде развивается уже до 20 видов дискомицетов. Типичные представители – виды родов Helvella, Morchella и Verpa. Для этих грибов характерно формирование одиночных крупных плодовых тел до 250 мм высотой и 100 мм в диаметре. Иногда на конгломерате из остатков листвы разросшаяся грибница образует по нескольку аском одновременно. В более южных районах исследуемой территории видовой состав деструкторов прошлогоднего опада более широк, чем 2-3-х годичной фракции, в северных – соотношение меняется.

На живых листьях развиваются виды, обладающие, по нашему мнению, патогенными свойствами. Из этой группы грибов на дубах нами встречены Ciborinia candolleana и Taphrina caerulescens. В мировой литературе есть данные о видовом разнообразии грибов, отмеченных на жилках и черешках дубовых листьев: *Dasyscyphella crystallina, Pycnopeziza pachyderma, Lophodermium petiolicola, Rutstroemia petiolorum, R. sydowiana* [2–9 и др.]. Из них в дальневосточном регионе нами отмечен пока только один – *Rutstroemia petiolorum*.

Дальневосточные дубы часто повреждаются пожарами. Они совершенно не похожи на знаменитые европейские дубравы. Деревья дуба здесь зачастую невысоки, искривлены, имеют многочисленные послепожарные повреждения. Традиционные весенние палы, устраиваемые местным населением для сбора папоротника, ослабляют как подрост, так и взрослые растения. Многие дереворазрушающие грибы, обычно ведущие сапротрофный образ жизни, поражают живые растения. Они инфицируют древесину растущих деревьев через раны от огня. Вначале грибы развиваются на омертвевшей древесине пожарных подсушин, а затем постепенно вызывают загнивание и живых тканей. На обильном веточном опаде дуба развивается свой набор грибов-деструкторов. Проявляется зависимость расселения дереворазрушающих грибов от размеров субстрата. Наибольшее число базидиомицетов отмечается на стволах среднего диаметра (11–20 см). На тонких жердях эти грибы не могут пройти весь цикл своего развития и не дают плодоношения. Однако, дискомицеты, в отличие от трутовых и большинства агариковых, поселяются и плодоносят как на крупных, так и на мелких стволах и ветвях (до 3 мм). Исследуя микобиоту дальневосточных дубняков, мы обнаружили значительное количество видов общих с другими регионами умеренных широт. Из указанных 42 видов грибов из различных классов подцарства Ascomycota [2–9 и др.], отмеченных на веточном опаде и древесине дуба, в дальневосточных дубняках нами обнаружены 17 видов. Особенность дальневосточной микобиоты заключается в исключительном видовом разнообразии дереворазрушающих грибов. По нашим данным, на веточном опаде и древесине дуба развиваются еще 43 вида и 2 разновидности сумчатых грибов.

Виды, обитающие на коре растений и на неразрушенной древесине, характеризуются более узкой экологической валентностью и значительно более специализированы в отношении субстрата, чем обитатели гнилой древесины. Для такого субстрата как кора очень сложно выделить свой круг бионтов, поскольку в ряде случаев нельзя однозначно сказать развивается плодовое тело из мицелия в пробковом слое или в межклеточном пространстве древесины. Исключением в данной ситуации являются виды родов *Mollisia* и *Tapesia*, формирующие свои плодовые тела на поверхностном мицелиальном сплетении. Также текстура коры растений и ее кислотность являются наиболее значимыми факторами, влияющими на разнообразие комплекса эпифитных видов. На коре дуба, характеризующейся глубокими складками и трещинами, отмечено наибольшее разнообразие грибов.

Наиболее разнообразно в таксономическом отношении заселена древесина. Этот факт объясняется как распространенностью и обилием субстрата, так и неоднородностью пространственного распределения и постоянным изменением физико-химических свойств древесины по мере ее разрушения. Замечена некоторая смена видового состава грибов в процессе деструкции древесины. На уже трухлявой или погруженной в почву древесине определился свой набор видов. Плодоношение на только что отмерших или спиленных ветвях и стволах наблюдается у видов грибов, обладающих, скорее всего, некоторой патогенностью. Нередко совместно с развитием плодовых тел или, чаще, предшествуя ему, развиваются анаморфы этих грибов. Логично предположить, что в этой группе степень патогенности гриба прямо пропорциональна его субстратной специализации. Эта группа грибов значительно уступает первой по числу видов. Типичным ее представителем, развивающимся на не разрушенной древесине можно считать *Bulgaria inquinans*. Этот гриб – популярный в Азии объект исследования как возбудитель болезни дуба (задыхание древесины) и как лекарственный объект восточной медицины.

Свой набор деструкторов сформировался на таком специфическом субстрате, как плюска дуба. Есть данные о 5 видах грибов, отмеченных на плюсках в различных регионах мира [2–9 и др.]. Из них три – *Trichopeziza leucophaea, Hymenoscyphus fructigenus* и

Arachnopeziza aurelia, отмечены нами в исследуемом регионе.

Выявленный состав микобиоты дальневосточных дубняков, позволяет говорить о ее богатстве и своеобразии. По результатам исследования готовится к печати коллективная монография «Микобиота дальневосточных дубняков и дубрав Беларуси».

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 14-04-90003 Бел-а, Президиума ДВО РАН № 15-I-6-007.

Список литературы

1. Добрынин А.П. Дубовые леса российского Дальнего Востока (биология, география, происхождение). Владивосток: Дальнаука. 2000: 260 с.
2. Arx JA von. Plant pathogenic fungi. Beihefte zur Nova Hedwigia. 1987; 87: 288.
3. Boudier E. Histoire et Classification des Discomycétes d'Europe. Paris, 1907: 223 p.
4. Butin H. Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Leitfaden zum Bestimmen von Baumkrankheiten Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1983. 172 S.
5. Dennis RWG. Fungi of the Hebrides. Kew: Royal Botanic Gardens, 1986: 359p.
6. Ellis MB, Ellis JP. Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook. Enlarged Edn. Slough: Richmond Publish. 1997: 868 p.
7. Farr DF, Bills GF, Chamuris GP, Rossman AY. Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 1989: 1252 p.
8. Palmer JT. Sclerotiniaceous cup fungi on oak galls. Cecidology. 1990; 5(2): 31-44.
9. Rehm H. Die Pilze. Ascomyceten: Hysteriaceen und Discomyceten. Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. L. Rabenhorst, Ed. 1896; 1(3): 1275.

АЛКАЛОТОЛЕРАНТНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ В КИСЛЫХ И ОКОЛОНЕЙТРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

Бондаренко С.А.[1], Биланенко Е.Н.[1], Георгиева М.Л.[2]
[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
[2]НИИ по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе, Москва

В литературе есть отдельные немногочисленные сведения относительно способности грибов развиваться в щелочных условиях (Okada et all, 1993; Nagai et all, 1995; Kladwang et all, 2003; van de Goor et all, 2013). Алкалофилия у грибов, выделенных из содовых почв вокруг содовых озер со стабильно высокими показателями значений pH (9–11), убедительно показана совсем недавно (Grum-Grzhimaylo et al., 2013a; Grum-Grzhimaylo et al., 2013b; Grum-Grzhimaylo et all., 2015). Алкалофильными предложено называть грибы с оптимумом роста в щелочной области (при pH > 8). Облигатные алкалофилы, в отличие от факультативных, не способны к росту в кислых условиях (при значениях pH ниже 4–5). Грибы с оптимумом роста при значениях pH < 8, но способные к росту в щелочных условиях, предложено считать алкалотолерантными. Алкалотолеранты разделяют на группы – сильные, умеренные, слабые в зависимости от степени снижения скорости роста в щелочных условиях (Grum-Grzhimaylo et al., 2015).

Вопрос о возможности обнаружить алкалофильные и алкалотолерантные грибы в лесных почвах, а также в почвах, подвергшихся окультуриванию (вспахивание, внесение удобрений и т.д.), поднимался в научной литературе, однако не был подтвержден экспериментально. Известно, что локальные временные щелочные условия в почве могут создаваться повсеместно в результате хозяйственной деятельности человека (загрязнение нефтепродуктами, отходами целлюлозно-бумажной промышленности, внесение удобрений), а также в результате естественных процессов аммонификации, сульфатредукции и фотосинтеза (Заварзин, 2006; Jones et all., 1998).

В цели нашей работы входил поиск грибов в природных лесных и окультуренных почвах, способных развиваться при щелочных значениях pH среды, определение их таксономического статуса по морфолого-культуральным и генетическим признакам, а также характера адаптации к фактору pH.

Материал был собран в Московской области (10 образцов дерново-подзолистой почвы с pH 4.850.25) и в Ботаническом саду МГУ (10 образцов окультуренной почвы с pH 7,00).

Микромицеты выделяли на селективную щелочную агаризованную среду (ЩС, pH 10,0–10,5) методом разведения почвенной суспензии (Георгиева и др., 2012). Для подавления роста бактерий в среду добавляли антибиотик рифампицин. В дальнейшем изоляты культивировали на ЩС. Для определения типа адаптации к pH измеряли скорость роста изолятов на ростовых трубках со средами на основе сусло-агара, pH в диапазоне от 4,0 до 10,4 поддерживали при помощи буферов.

Идентификацию изолятов проводили как по морфолого-культуральным признакам (с применением методов просвечивающей световой и сканирующей электронной микроскопии), так и по молекулярно-генетическим данным по отсеквенированным участкам генов ITS rDNA, LSU rDNA, TEF-1α и RPB2.

Встречаемость и количество пропагул грибов, способных к росту на щелочной среде, в кислых и околонейтральных почвах оказалось невелико по сравнению с известными в литературе данными, полученными при использовании традиционных для почвенной микологии сред (Чапек-агар, мальт-агар). Однако встречаемость и численность были выше, чем в содовых почвах со значениями pH выше 10.

Разнообразие грибов было также невелико – всего обнаружено 8 таксонов, относящихся к отделу Ascomycota, классу Sordariomycetes. Большая часть изолятов относится к семейству Plectosphaerellaceae (Hypocreomycetidae, Incertae sedis) – это виды *Acrostalagmus luteoalbus, Gibellulopsis nigrescens, Chordomyces antarcticum, Plectosphaerella cucumerina*. Это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что семейство Plectosphaerellaceae богато как алкалофильными, так и алкалотолерантными видами (Grum-Grzhimaylo et all, 2015). Другая часть выделенных нами грибов, среди них *Sarocladium strictum* и *Hydropisphaera* sp. (Bionectriaceae), *Fusarium sporotrichioides* (Nectriaceae), принадлежат порядку Hypocreales.

По типу адаптации к щелочным условиям все изоляты могут быть отнесены к сильным алкалотолерантам, при этом большинство растут в широком диапазоне pH среды. Алкалофильных грибов в отсутствии стабильного защелачивания обнаружено не было.

Для наиболее часто встречающихся видов устойчивость к высокому показателю pH среды отмечена не впервые. Так, *Acrostalagmus luteoalbus, Chordomyces antarcticum, Gibellulopsis nigrescens* обнаружены в почвах содового засоления (Bondarenko et al., 2012; *Grum-Grzhimaylo* et al., 2015). Вместе с *Sarocladium strictum u Plectosphaerella* sp., эти виды были выделены на ЩА из образцов со слабокислой и слабощелочной реакцией среды из ряда местообитаний в Голландии (van de Goor et all, 2013).

Наши данные подтверждают тот факт, что очень многие грибы, так или иначе связанные со щелочными условиями, имеют сходный фенотип, характеризуются acremonium- или verticillium- подобным конидиальным спороношением с обильным образованием слизи и тенденцией к агрегации мицелия в тяжи, склеенные общей слизью.

Обнаруженные нами виды, по данным литературы, в той или иной степени ассоциированы с растительными субстратами. *Gibellulopsis nigrescens* известен как патоген ряда растений, *Acrostalagmus luteoalbus* широко распространенный в разных почвах обитатель ризосферы, близкородственные роду *Chordomyces* грибы ассоциированы с талломами лишайников. Алкалотолерантность, по всей видимости, позволяет им сохранять физиологическую активность в условиях локального защелачивания, неблагоприятных для большинства грибов.

Полученные в результате нашей работы экспериментальные данные вносят вклад в дискуссионный вопрос о возможном наличии щелочевыносливых грибов в кислых и нейтральных почвах и подтверждают мысль о возможности функционирования сообщества грибов в большом диапазоне колебаний факторов среды обитания. Коллекция культур представляет огромную ценность для дальнейших исследований. Так, сравнивая физиологические и биохимические ответы на изменение pH у изолятов одного вида, но с различными типами адаптации к щелочным условиям (таковые получены для *Acrostalagmus luteoalbus, Chordomyces antarcticum*), можно больше узнать о механизмах алкалофилии у грибов. Кроме того, полученные изоляты *Gibellulopsis nigrescens* из кислых, околонейтральных и содовых почв, отличающиеся по температурным оптимумам, представляют большой интерес для изучения смежного влияния факторов pH и температуры.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов: РФФИ 15-04-06975, РФФИ 15-04-06260, РНФ проект № 14-50-00029

Список литературы

1. Nagai K, Sakai T, Rantiatmodjo RM et all. Studies on the distribution of alkali-tolerant soil fungi I. Mycoscience. 1995; 36(3): 247-54.
2. Okada G, Niimura Y, Sakata T et all. Acremonium alcalophilum, a new alkalophilic cellulolytic hyphomycete. Trans Mycol Soc Japan. 1993; 34: 171-85.
3. Kladwang W, Bhumirattana A, Hywel-Jones N. Alkaline-tolerant fungi from Thailand. Fungal Diver. 2003; 13: 69-83.
4. van de Goor AJM, den Harder L, Grum-Grzhimaylo A.A. Alkalophilic and alkali-tolerant fungi in the Netherlands. Mol Evol. 2013; 10: 245-48.
5. Grum-Grzhimaylo AA, Georgieva ML, Bondarenko SA. et all. On the diversity of fungi from soda soils. Fungal Diversity. 2015. http:.link.springer.com/journal/13225/onlineFirst/page/1
6. Grum-Grzhimaylo AA, Debets AJM, van Diepe-ningen A.D. et all. Sodiomyces alkalinus, a new holomorphic alkaliphilic ascomycete within the Plectosphaerellaceae. Persoonia. 2013; 31:147-58.
7. Grum-Grzhimaylo AA, Georgieva ML, Debets AJM, Bilanenko EN. Are alkalitolerant fungi of the Emericellopsis lineage (Bionectriaceae) of marine origin? IMA Fungus. 2013; 4(2): 213-28.
8. Заварзин Г.А. Алкалофильное микробное сообщество как аналог наземной биоты протерозоя. Эволюция биосферы и биоразнообразия. М.: Товарищество КМК. 2006: 97-119.
9. Jones BE, Grant WD, Duckworth AW, Owenson G.G. Microbial diversity of soda lakes. Extremophiles. 1998; 2: 191-200.
10. Георгиева М.Л., Лебедева-Верба М.П., Биланенко Е.Н. Мицелиальные грибы в почвах Западного Забайкалья. Почвоведение. 2012; 12: 1310-9.
11. Bondarenko SA, Grum-Grzhimaylo AA, Bilanenko EN, Georgieva ML. Filamentous fungi from soda soils at Magadi Lake. Book of Abstracts of 10th International Congress on Extremophiles. EXTREMOPHILES 2014s. St. Petersburg. 2014: 158.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ (ПОВЫШЕННЫЕ ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ), УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ ПРИСУТСТВИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ В ПОЧВАХ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ

***Данилогорская А.А.*[1,2]*, Марфенина О.Е.*[1]**

[1]*Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова*

[2]*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН, Пущино*

Большинство микроскопических грибов, известных как условно патогенные, являются почвообитающими. При соответствующих методах анализа они могут быть выявлены в самых разных типах почв. Однако возможность их накопления в почвах определяется экологическими условиями почвы. То есть в полной мере может соблюдаться правило Бейеринка - «все есть всюду, но среда отбирает».

В современных условиях развития биосферы одной из важнейших экологических проблем является возможное потепление климата. По климатическим моделям по сравнению с периодом 1850 – 1900 гг. рост глобальной приземной температуры к концу XXI в. прогнозируется всего на несколько градусов (от 1,5 – 2,0°С до 4°С в разных моделях), однако, это будет сопровождаться периодами экстремально высоких температур (так называемыми «волнами тепла»), которые отмечались и в России в 2010 году [1].

В наших модельных экспериментах с разными типами почв Европейской части России было показано, что повышенные температуры в условиях высокой влажности почв могут приводить к увеличению присутствия в почвах ряда видов потенциально патогенных мицелиальных грибов из группы BSL-2 (по отечественной классификации из Группы III [2]). Эти грибы после попадания в организм здорового человека могут сохраняться и вызывать локализованные микозы [3].

В качестве объектов исследования нами были выбраны зональная (дерново-подзолистая) почва под смешанным лесом (лесопарк Алешкино) и городская почва (урбанозём) двора жилого квартала 40-летней застройки (СЗАО г. Москва, Тушино). Образцы почв были отобраны в июне 2013 г. из горизонта А с глубины 5 – 10 см. В модельном эксперименте предварительно высушенные, просеянные (3 мм) и увлажнённые до 60% от полевой влагоёмкости образцы почв инкубировали в течение месяца при разных постоянных температурах: 1) 10°С – типичная температура верхнего слоя зональной почвы в конце весны и начале осени [4]; 2) 20°С – температура, близкая к средней летней [4]; 3) и 4) – 30°С и 35°С – температуры, повышенные относительно летних среднемесячных значений и часто используемые в современных исследованиях климатических изменений [5]. Исследования проводили в двукратной повторности микрокосмов. В настоящее время при таких же режимах инкубации ведётся исследование северных зональных почв (Al-Fe подзол, Кольский полуостров). Состав культивируемых грибов в исследуемых почвах определяли при посеве из разведения 1:100 в 6-кратной повторности на среду Чапека с добавлением стрептомицина. Посев проводили в начале сукцессии, а затем на 7, 14, 21 и 28 сут эксперимента. Инкубацию посевов вели при 25 °С. Классификацию видов грибов по уровню безопасности (biosafety levels, BSL) проводили согласно [3].

В результате исследования в процессе грибной сукцессии в дерново-подзолистой почве при разных температурах были выявлены следующие микромицеты группы BSL-2: *Aspergillus flavus, A. fumigatus, Fusarium oxysporum, Haematonectria haematococca, Paecilomyces variotii*. Важно отметить, что результаты анализа существенно отличались при разных температурах. При 10 °С потенциально-патогенные микромицеты из группы BSL-2 не были выявлены (табл. 1). Их выделение было зафиксировано при 20 °С на поздних сроках сукцессии (21 сут), а при 30 и 35 °С в течение всей сукцессии. При этом существенное значение имело повышение температуры до 35 °С. По сравнению с 30 °С при 35 °С наблюдалось резкое увеличение как числа (3,3 – 11,7 тыс. КОЕ/г и 106,7 – 371,7 тыс. КОЕ/г почвы), так и доли опасных грибов в составе грибного комплекса (3 – 12% и 46 – 81%).

Важно отметить, что при 35 °С выделялись только *A. flavus, P. variotii* и *A. fumigatus,* причём последний являлся доминирующим видом в составе грибного комплекса при данной температуре на протяжении всего эксперимента. Ни при 30°С ни при 20° С, данные виды не входили в доминирующие в составе грибного сообщества на протяжении всей сукцессии. При 30 °С состав потенциально патогенных микромицетов был максимально разнообразен – встречались все отмеченные выше виды, с наибольшим обилием у *H. haematococca* (1–12%). Данный вид также был единично отмечен в дерново-подзолистой почве при 20 °С на 21 сут сукцессии.

Следует отметить также присутствие *A. niger*, который хотя не включен в группу BSL-2, однако расценивается как достаточно опасный потенциально-патогенный микромицет [3]. Его выделение также существенно увеличивалось при повышении температуры. Он выделялся в начале сукцессии в дерново-подзолистой почве при 20 °С (обилие 1%), а также на всех стадиях сукцессии при 30 °С (обилие 2 – 32%) и 35 °С (обилие 10 – 27%).

В текущем эксперименте с Al-Fe гумусовым подзолом, выявляются изменения (увеличение присутствия *A. niger*, а также доминирование *A. fumigatus* в составе грибного комплекса при 35 °С) сходные с дерново-подзолистой почвой.

В городской почве – урбанозёме, в результате экспериментов в процессе сукцессии при разных температурах были выявлены следующие представители группы BSL-2: *A. fumigatus, F. oxysporum, H. haematococca, Scedosporium aurantiacum*. Последний был идентифи-

Таблица 1. Содержание потенциально патогенных грибов (группа BSL-2) в почвах в процессе сукцессии при разных температурах.

Температура, °С	Сутки	Урбанозём	Дерново-подзолистая		
		Численность (тыс. КОЕ/г почвы)	Доля в сообществе	Численность (тыс. КОЕ/г почвы)	Доля в сообществе
10	0	0	0	0	0
	7	2,78 ± 2,22	0,04 ± 0,03	0	0
	14	0	0	0	0
	21	0	0	0	0
	28	2,22 ± 1,78	0,02 ± 0,02	0	0
20	0	2 ± 1,75	0,03 ± 0,03	0	0
	7	2,22 ± 1,78	0,03 ± 0,02	0	0
	14	0	0	0	0
	21	0	0	0,67 ± 0,58	0,01 ±0,00
	28	0,56 ± 0,44	0,01 ± 0,01	0	0
30	0	1,11 ± 1,26	0,01 ± 0,02	11,67 ± 9,34	0,12 ±0,10
	7	6,67 ± 5,33	0,11 ± 0,09	3,33 ± 2,67	0,04 ± 0,03
	14	6,67 ± 5,33	0,08 ± 0,06	8,89 ±7,11	0,05 ± 0,04
	21	13,33 ± 10,67	0,23 ± 0,18	3,89 ± 3,11	0,03 ± 0,02
	28	3,89 ± 3,11	0,06 ± 0,05	4,44 ± 3,56	0,05 ± 0,04
35	0	1,67 ±1,33	0,03 ± 0,02	219,44 ± 175,6	0,81 ± 0,65
	7	15,56 ± 12,45	0,27 ± 0,22	188,33 ± 150,7	0,60 ± 0,48
	14	12,78 ± 10,22	0,14 ± 0,11	371,67 ± 297,4	0,65 ± 0,52
	21	26,67 ± 21,34	0,35 ± 0,28	143,33 ± 114,7	0,65 ± 0,52
	28	25,56 ± 20,45	0,43 ± 0,34	106,67 ±85,35	0,46 ± 0,36

цирован по молекулярно-генетическим признакам. В отличие от дерново-подзолистой почвы в течение эксперимента потенциально патогенные грибы группы BSL-2 встречались при всех выбранных температурах, однако реже при 10° и 20 °С, чем при повышенных (табл. 1). При этом если при 30 °С их численность и доля сравнимы с таковыми в дерново-подзолистой почве, то при 35°С их присутствие было ниже (1,7 – 26,7 тыс. КОЕ/г почвы и 3 – 43%).

Все потенциально патогенные виды отмечались в процессе сукцессии при 35 °С, где в отличие от дерново-подзолистой почвы, *A. fumigatus* был минорным компонентом, а наибольшая численность среди них была характерна для *S. aurantiacum*. Этот вид доминировал при данной температуре в составе грибного комплекса на последних стадиях сукцессии (21 и 28 сут) с обилием 33 и 41%. При 30 °С микромицеты из группы BSL-2 были представлены *F. oxysporum, H. haematococca, S. aurantiacum,* а при 10° и 20 °С только F. oxysporum, H. haematococca. При этом при данных температурах они не входили в состав доминирующих видов грибных комплексов на протяжении всей сукцессии.

Таким образом, в исследованных почвах умеренных широт при повышенной влажности и повышении температур по сравнению с зональными, наблюдались сходные тренды по увеличению численности и доли потенциально патогенных грибов из группы BSL-2. Такая реакция была более выражена в зональной дерново-подзолистой почве, чем в урбанозёме. Поскольку предполагается, что развитие колоний при посеве на чашках, происходит преимущественно из грибных спор, можно предположить, что повышенные температуры могут способствовали спорообразованию этих грибов в почвах. Для выяснения этого требуются дальнейшие лабораторные эксперименты.

Отметим, что наши данные по увеличению относительного обилия грибов рода *Aspergillus* в составе почвенных грибных сообществ при повышении температуры, согласуются и с данными по мониторингу присутствия грибов этого рода в природных и урбанизированных условиях [6].

Итак, по результатам наших экспериментов, повышение почвенных температур при высокой влажности почв может приводить к накоплению в почвах умеренных широт ряда потенциально патогенных грибов, а именно, *A. flavus, A. fumigatus, F. oxysporum, H. haematococca, P. variotii, S. aurantiacum.*

Соответственно, контакт человека с почвой при таких условия становится более опасным. А ещё большую опасность может представлять резкая смена метеоусловий, высыхание почв, ветреная погода, что мо-

жет привести к активному распространению грибных пропагул с почвенной пылью. Последнее особенно актуально для городских почв, где травянистая растительность в жаркие летние периоды может практически отсутствовать.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РНФ № 14-50-00029.

Список литературы

1. Изменение климата: физическая научная основа. МГЭИК, 2013 (http:.www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_RUSSIAN.pdf).
2. Озерская С.М., Иванушкина Н.Е., Кочкина Г.А Микроскопические грибы в связи с проблемами биологической безопасности (обзор). Пробл. мед микол. 2011;13(3): 3-13.
3. Hoog GS de, Guarro J, Gene J, Figueras MJ. Atlas of clinical fungi. Second edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Universitat Rovira i Virgili. 2000: 1126 p.
4. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.
5. Barcenas-Moreno G, Gomez-Brandon M, Rousk J, Bååth E. Adaptation of soil microbial communities to temperature: comparison of fungi and bacteria in a laboratory experiment. Global Change Biol. 2009; 15: 2950-7.
6. Марфенина О.Е, Бубнова Е.Н. и др. Грибы рода Aspergillus: распространение и условия накопления в разных природных средах (на примере европейской части России). Микол. фитопатол. 2014; 48, (3): 139-50.

МИКРОМИЦЕТЫ КАК КОМПОНЕНТ ПРИРОДНЫХ БИОПЛЕНОК *NOSTOC COMMUNE*

Домрачева Л.И.[1,2], Кондакова Л.В.[2,3], Зыкова Ю.Н.[1], Горностаева Е.А.[1]
[1]Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров
[2]Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
[3]Вятский государственный гуманитарный университет, Киров

Среди природных биопленок особое место занимают биопленки *Nostoc commune* – многовидовые сообщества фототрофных и гетеротрофных микроорганизмов, способных к длительной вегетации на поверхности почвы. Изучение видового и группового состава подобных биопленок, отобранных из различных биотопов, показывает, что постоянными компонентами данных ценозов, помимо главного доминанта, являются другие гетероцистные и безгетероцистные цианобактерии, водоросли, грамотрицательные и грамположительные бактерии, а также микромицеты [1-3]. Популяционная плотность микроорганизмов в биопленках достигает нескольких миллиардов клеток на 1 г воздушно-сухой пленки, при этом доля *N. commune* среди фототрофов может превышать 80% численности, а суммарная длина мицелия микромицетов достигает до 2 км/г пленки. Следовательно, именно микромицеты играют существенную роль в агрегации биопленок и скреплении с частицами почвы.

Наличие в биопленке нитчатых (у цианобактерий) и мицелиальных (у грибов и актиномицетов) форм является основой создания особой сетчато-нитчатой структуры (псевдоткани), обладающей определенной прочностью на разрыв. Доказательством морфологической и функциональной целостности ностоковых биопленок служит обнаружение явления самосборки (самовосстановления) после их искусственного разрушения. При этом в восстановленной биопленке существенно повышается ценозообразующая роль микромицетов. Так, если в материнской биопленке на долю микромицетов приходилось всего 22% от суммарной длины нитчатых и мицелиальных форм микроорганизмов, то в восстановленной биопленке этот показатель увеличивается до 94%.

Было установлено, что под влиянием таких загрязняющих веществ, как ионы тяжелых металлов (Cu^{2}+, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}), пестициды, бензин и другие нефтепродукты, метилфосфоновая кислота, пирофосфат натрия происходит стимуляция процесса спорообразования, возрастает показатель удельной продукции спор, существенно возрастает доля меланизированного мицелия в структуре популяций грибных комплексов (до 78–99%).

Выявленные неспецифические реакции микокомплексов, входящих в состав биопленок N. commune, позволяют использовать их для диагностики степени токсичности растворов, природных вод и почвенной вытяжки.

Список литературы

1. Waters CM, Bassler BL. Quorum sensing: Cell-to-cell communication in bacteria. Annu Rev Cell Develop Biol. 2005; 21: 319-46.
2. Закирова З.Р., Дубовик И.Е., Киреева Н.А. Распространение Nostoc commune в антропогенно нарушенных почвах Республики Башкортостан и сопутствующие ему организмы. Мат. докл. IX Всеросс. популяц. сем. Уфа. ИД «Вили Окслер». 2006. Ч.1: 337-42.
3. Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Пегушина О.А., Фокина А.И. Биопленки Nostoc commune – особая микробная сфера. Теор. и прикл. экология. 2007; 1: 15-9.

МИКРОМИЦЕТЫ В ПОЧВАХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Головина Т.А.
Челябинский государственный университет

Одним из основных негативных последствий антропогенного воздействия на естественные экосистемы является снижение их видового разнообразия [1]. Комплексы почвенных грибов, как важнейшие составляющие природных сообществ, способны трансформироваться вслед за изменением биоценоза. Изучение изменений, происходящих в данных комплексах может служить объективным методом оценки техногенного воздействия человека на окружающую среду [2].

Работа по изучению микромицетов проводилась в летний период 2013–2014 гг. Целью работы было исследование микофлоры дерново-подзолистых почв сосновых лесов с различной степенью антропогенной нагрузки. Отборы проб проводились на территории городского парка им. Ю. Гагарина, подвергающейся значительной антропогенной нагрузке. Для контроля были взяты образцы почвы с минимально трасформированного участка, на территории памятника природы "Челябинский городской бор", расположенного в черте города. Для анализа влияния химического загрязнения в связи с промышленной деятельностью человека, исследовались образцы почв, взятые в окрестностях г. Карабаша, в непосредственной близости от медеплавильного комбината в мертвопокровном редколесье и в сосняке черничнике, к западу от городских застроек.

Отборы проб производились на площадках размером 1×1м в 3-х кратной повторности. Выделение микромицетов проводили по общепринятой методике посева почвенной суспензии на агаризованную среду Чапека [3]. Материал подвергался инкубации при t° 5–27°С в течение 14–21 сут с дальнейшим подсчетом КОЕ и идентификацией грибов. У всех взятых образцов почв была определена кислотность. Оценку изменения качественного состава микромицетов при антропогенном нарушении сообщества проводили с помощью коэффициента сходства Жаккара (CJ) [3]. Почвы, взятые на исследование в районе городского парка и примыкающего к нему городского бора имели слабо-кислую реакцию (5,74 и 5,75 соответственно), в районе г. Карабаша кислую реакцию (5,4).

Количество пропагул грибов в городском бору составило 21000 КОЕ/1 г сухой почвы, а в парке Гагарина, при значительной рекреационной нагрузке — 11000 КОЕ/1 г сухой почвы. Была отмечена смена видового состава грибов (CJ = 0,15) и некоторое повышение их видового разнообразия на территории городского парка по сравнению с менее посещаемым населением городским бором, в основном за счет р. Penicillium.

Повышенная кислотность почвы вследствие ее промышленного загрязнения также сократила количественное содержание микромицетов. В мертвопокровном лесу в черте г. Карабаша 3000 КОЕ/1 г сухой почвы, а в сосняке-черничнике, с подветренной стороны от комбината, численность микромицетов составила 41000 КОЕ/1 г сухой почвы. Анализ проб показал низкое видовое разнообразие почвенных грибов на территории, расположенной в непосредственной близости от комбината, по сравнению с почвами, взятыми на небольшом удалении от города и менее подверженными воздействию промышленных выбросов (CJ = 0,1). В целом, во всех пробах, взятых со слабо нарушенных территорий, доминировал р. *Gliocladium*, с усилением антропогенного давления на растительное сообщество в почве преобладали представители р. *Penicillium*. Остальные микромицеты встречались единично.

Таким образом, в ходе проведенного исследования прослеживается негативная реакция почвенных грибов на антропогенное воздействие. Снижение численности, смена доминантов в комплексах микромицетов могут служить индикационными признаками деградации растительного сообщества в целом.

Список литературы

1. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: «Медицина для всех». 2005. 196 с.
2. Шумилова Л.П. Микромицеты природных и техногенно нарушенных почв в районе рудной золотодобычи. В сб.: Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Мат. XII Всерос. н.-практ. конф. с межд. участием. Кн. 1. Киров: Изд-во "Веси", 2014: 328-31.
3. Кураков А.В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. М.: Макс Пресс. 2001: 92 с.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГРИБОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ В СПЕЦИЯХ И ПРЯНЫХ ТРАВАХ

Овсепян В.В.,Григорян К.М., Саргсян М.П.
Ванадзорский государственный университет, Армения
Ереванский государственный университет, Армения

Специи и пряные травы часто контаминируются микотоксинами и грибами. В специях часто встречаются виды из родов *Aspergillus, Penicillium и Rhizopus.* Поэтому они должны соответствовать международным стандартным требованиям по безопасности и качеству с целью снижения рисков, связанных с их использованием в качестве ингредиентов в пищевой индустрии.

Из исследованных 142 образцов специй (красный перец, черный перец, сунели) было выделено 2584 штаммов мицелиальных грибов, идентифицированных как 34 вида из классов Zygomycetes и Deuteromycetes. Подавляющая часть контаминантов специй представлена дейтеромицетами. Количественный состав родов и видов, контаминирующих красный и черный перец почти идентичен. В отличие от микобиоты перца разных видов, видовой состав грибов, контаминирующих один из видов смеси пряных трав – сунели, довольно разнообразен и связан с его многокомпонентным составом.

В проанализированных специях виды *A. niger и A. flavus* имеют высокую частоту встречаемости. Гриб *A. niger* наиболее часто отмечается в красном и черном перце (от 83 до 88%). Вид *A. flavus* имеет высокую частоту встречаемости в красном перце (до 82%), в черном перце (более 69%), в сунели (65%). Установлена специфичность видов *Aspergillus versicilor* для образцов сунели. В проанализированных специях виды рода *Penicillium* имеют умеренную частоту встречаемости. Степень заспоренности исследованных специй варьирует от $6x10^2$ до $>10^4$ кое/г. Заспоренность 92% образцов красного перца, черного перца и сунели диаспорами мицелиальных грибов превышала предельно допустимые уровни, установленные в СанПиН-е 2.3.2.1078-01.

При хроматографическом анализе экстрактов и культуральной жидкости штаммов *A. flavus* обнаружено присутствие афлатоксина В1 в 71% из числа проанализированных штаммов, выделенных из красного перца, и в 11% – из сунели. В экстрактах *A. versicolor,* изолированных из сунели, идентифицирован стеригматоцистин в количестве от 120 до 250 мкг/100мл. Полученные результаты свидетельствуют о существовании высокого риска при использовании специй, контаминированных токсигенными штаммами мицелиальных грибов.

ДРЕВЕСНЫЕ ОСТАТКИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ МИКОБИОТЫ СОВРЕМЕННЫХ И СРЕДНЕВЕКОВЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Иванова А.Е., Гофман А.В.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

В городских экосистемах происходят кардинальные изменения природной среды обитания: естественные растительные сообщества заменяются искусственными посадками, трансформируется почвенный покров, формируется культурный слой, накапливаются не специфические для естественных сред загрязнители, изменяется состав и соотношение органических остатков, поступающих в городские почвы [1]. Из-за особых правил эксплуатации городских территорий (регулярного вывоза опада [2]) резко сокращается поступление древесных остатков. В итоге в городских почвах формируется отличная от зональной микобиота с рядом специфических свойств [3]. Изменятся функциональное разнообразие грибных сообществ за счет стимуляции группировок, развивающихся на органических загрязнителях, и наоборот, деградации ряда природных трофических групп, например, целлюлозолитических грибов [4].

Поспособствовать восполнению присутствия древоразрушающих (целлюлозо-, лигнинразрущающих) грибов в городе может применяемая в последние годы практика использования древесных остатков, щепы в качестве декоративного и мульчирующего элемента на городских газонах. Следует отметить, что щепа - не новый для городских почв субстрат. В прошлые века древесные материалы и их остатки широко применяли при обустройстве древнерусских поселений, мощении улиц и дворов, и они сохраняются в течение столетий в культурных слоях при переувлажнении [5]. Древесина разных пород деревьев разлагается определенными видами грибов, последовательно сменяющимися на разных стадиях разложения [6]. Однако мало известно, какие грибные сообщества в действительности поступают с остатками древесины разных пород деревьев в городские почвы, какие виды грибов способны сохраняться или даже развиваться.

Цель работы – исследование влияния древесных остатков на содержание и структуру грибной биомассы и состав сообществ культивируемых грибов в современных и средневековых городских почвах.

Влияние современного применения древесных остатков изучали в придорожных газонах г. Москва с участками клумб, покрываемых щепой на снежный сезон. Ежемесячно в осенне-весенний период анализировали общую и живую грибную биомассу, изменение сообществ грибов в грунте под щепой, в щепе, в верхнем слое почвы газона.

Влияние использования древесных остатков в прошлом рассматривали на примере культурных слоев с обильным содержанием хорошо сохранившихся древесных элементов, расположенных в г. Самара (середина XVIII в. – начало XIX в., глубина погребения 250–350 см) и в г. Великий Новгород (XI–XIV вв., глубина погребения 400–700 см). Анализировали биомассу и состав грибов в древесных остатках, вмещающих слоях и в поверхностных органосодержащих горизонтах.

Общую грибную биомассу в почве под/с древесными остатками оценивали методом прямой люминесцентной микроскопии при окрашивании калькофлуором белым [7]. Присутствие живой грибной биомассы оценивали методом комбинированного двойного окрашивания красителями калькофлуором белым и этидиумом бромидом [8] в авторской модификации для почвенных образцов.

Выделение культивируемых грибов из почвенных образцов осуществляли стандартным методом посева почвенных разведений [7] на питательные среды Чапека, Сабуро, сусло-агар и картофельно-декстрозный агар. Выделение грибов с древесных остатков проводили методом раскладки кусочков щепы после ее 5-кратной отмывки в стерильной воде на среды Чапека, сусло-агар, Гетчинсона. Чистые культуры грибов идентифицировали по культурально-морфологическим признакам.

В современных городских почвах применение щепы оказывало влияние на содержание грибной биомассы, в первую очередь, на долю и содержание живых спор и мицелия. В газоне биомасса грибного мицелия осенью составляла 0,6–1 мг/г, треть составлял живой мицелий; биомасса спор была в 100 раз меньше, до 95% представлена живыми спорами разного размера, в том числе встречались характерные по форме макроконидии рода *Fusarium*. В начале зимы под снегом регистрировали сокращение доли и биомассы живых спор, в первую очередь, крупных размеров (> 8–10 мкм в диаметре), при этом отмечено развитие живого мицелия, его биомасса увеличилась на порядок. Далее до начала весны биомасса живого мицелия и спор в газоне существенно варьировала. В почвенном слое под щепой после выпадения снега содержание спор и мицелия по сравнению с осенью сохранялось относительно стабильным, при этом доля живых мицелия и спор были существенно выше, чем в газоне и составляли, соответственно, 85–90% и 68–75%, биомасса представлена преимущественно тонким мицелием (диаметром <3 мкм) и мелкими спорами (<6 мкм). Во второй половине зимы в почве под щепой содержание общей и доля живой грибной биомассы могли изменяться, но во все сроки в структуре биомассы преобладал грибной мицелий.

Наоборот, в погребенных культурных слоях с хорошо сохранившимися древесными остатками мицелий отсутствовал, грибная биомасса была представлена исключительно спорами. Численность спор увеличивалась именно в слоях с древесными остатками, по сравнению с вмещающими глубокими слоями без остатков, иногда достигая уровней поверхностных гумусовых горизонтов. Содержание спор могло различаться в слоях с остатками разных пород деревьев. Так, в г. Самара численность спор, особенно мелких, была существенно выше в культурных слоях с остатками хвойных пород деревьев, чем в слоях с берестой и щепой дуба.

Выявлен ряд особенностей видового состава и сукцессионных изменений сообществ культивируемых грибов в современной городской почве при экспонировании древесной щепы под снегом. В слое почвы под щепой общее разнообразие грибов весь снежный период сохранялось на одном высоком уровне, индексы разнообразия Шеннона составляли 2,2–2,6. Напротив, в почве газона после выпадения снегового покрова в начале зимы регистрировали сокращение разнообразия в 2 раза по сравнению с осенью (индексы Шеннона снижались с 2,1 в октябре до 1,2 в декабре), что коррелировало с уменьшением численности живых спор в составе биомассы; однако далее к началу весны индексы разнообразия видов грибов в газоне под снегом снова возрастали до 2,5–2,7. На щепе за время экспонирования под снегом с осени до весны описано снижение разнообразия сообществ грибов, выделяемых на среде Чапека, но возрастание разнообразия целлюлозолитических грибов при выделении на среде Гетчинсона.

В первые месяцы (осень-начало зимы) экспонирования древесной щепы в структуре сообщества на щепе 10-40% составляли грибы рода *Trichoderma (T. hamatum, T. harzianum, T. koningii, T. virens);* 10–30% занимали виды рода *Fusarium (F. solani, F. oxysporum) и Botrytis cinerea*; 15-30% сообщества было представлено тёмноокрашенными грибами родов *Alternaria (A. tennuissima, A. alternata), Cephalotrichum, Chaetomium, Cladosporium, Phoma*; постоянно выделялись зигомицеты (Mortierella alpina, Mucor circinelloides, Rhisopus oryzae) и представители рода Aspergillus. Спустя 4–6 месяцев к началу весны на щепе доля грибов рода *Trichoderma* увеличивалась до 40–75%, возрастало присутствие зигомицетов и *Clonostachys* spp., при этом снижалось разнообразие и относительное обилие темноокрашенных грибов. В почвенном слое под щепой в структуре грибного сообщества осенью, как и в почве газона, преобладали по обилию – 35–45% – виды рода *Penicliium (P. vulpinum, P. janczewskii, P. janthinellum*), однако к весне их доля постепенно снижалась до 10-20%. Через месяц после начала экспонирования щепы в почве под ней начинали обильно (до 25%) развиваться виды рода Fusarium. В конце зимы – начале весны в почве под щепой основная часть сообщества – 40–60% – была представлена уже грибами родов *Trichoderma* и *Clonostachys*, начинали выделяться темноокрашенные грибы. Выявленные перестройки грибных сообществ

на древесных остатках и в почвенном слое под щепой свидетельствуют о развитии в почве грибов с поверхности щепы.

В древних городских почвах выявлено возрастание разнообразия грибных сообществ в культурных слоях, содержащих древесные остатки хорошей сохранности, по сравнению с погребенными культурными слоями без остатков. Именно в слоях с древесными остатками и щепой было отмечено увеличение обилия видов родов *Trichoderma, Fusarium* и появление темноокрашенных грибов (родов *Alternaria, Stachybotrys* и др.), нетипичных для сходных по глубине вмещающих горизонтов.

Таким образом, вместе с древесными остатками в городские почвы может поступать и сохраняться в жизнеспособном состоянии широкий спектр целлюлозоразлагающих грибов, но также ряд видов с известными фитопатогенными свойствами.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 15-04-02036.

Список литературы

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Ойкумена, 2003: 270 с.
2. Постановление Правительства Москвы от 11 мая 2010 г. № 386-ПП "О внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП".
3. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех. 2005: 196 с.
4. Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Суханова И.И. Функциональное разнообразие микроскопических грибов в городских почвах разного возраста формирования. Микология и фитопатология. 2008; 42(5): 450-60.
5. Трояновский С. Великий Новгород: материальный мир средневековой республики. Неприкосновенный запас. 2007. №5 (55).
6. Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Л., 1969. 326 с.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1991: 303 с.
8. Zdybicka-Barabas A, Stączek S, Mak P et all. The effect of Galleria mellonella apolipophorin III on yeasts and filamentous fungi. J Insect Physiol, 2012; 58(1): 164-77

БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАДИОНУКЛИДОВ АГАРИКОМИЦЕТАМИ

Иванов А.И.
Пензенская ГСХА

Одной из важнейших биологических особенностей агарикомицетов является их способность В последние десять лет в лесных экосистемах Пензенской области, не подверженных сильному техногенному загрязнению, под руководством автора была проведена работа в плане изучения закономерностей накопления в плодовых телах различные химические элементы [1, 2].

Измерения концентраций металлов в плодовых телах грибов и субстратах, на которых они развивались, осуществлялись на атомно-адсорбционном спектрометре МГА 915 МД и рентгенофлуоресцентным методом на приборе Спектроскан Макс-GF1E. Определение содержания радионуклидов осуществлялось на гамма-спектрометрическом комплексе СКС-50М.

Среди тяжелых металлов особой токсичностью отличается Cd, который относится к числу наиболее опасных для здоровья человека химических элементов. Он принадлежит к числу приоритетных загрязняющих веществ и в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 относится к первому классу опасности. Из 35 видов агарикомицетов, изученных нами, большинству не свойственна биконцентрация этого элемента на незагрязненных почвах. Коэффициент накопления (КН) – отношение содержания элемента в плодовом теле к его содержанию в питающем субстрате у них меньше единицы. Исключение составляют два вида – Amanita muscaria и Armillaria ostoya. Для первого этот показатель составил – 8,181, для второго – 7,50. Средний показатель содержания Cd в плодовых телах агарикомицетов в районе исследований составляет – 0,067 мг/кг. Однако для ряда видов – *Boletus edulis* (0,083 мг/кг), *Lactarius deliciosus* (0,082), *Macrolepiota procera* (0,090 мг/кг) он превышает среднюю величину и приближается к ПДК, которая составляет для съедобных грибов 0,1 мг/кг. В связи с высокой летучестью соединений Cd, загрязнение ими почвенного покрова, оказывает влияние на его содержание в грибах. На загрязненных почвах с содержанием Cd 4,5 – 7,5 мг/кг концентрация этого элемента в плодовых телах грибов возрастала в соответствии с их коэффициентами накопления. Максимальной величины – 28,74 мг/кг она достигла у *Amanita muscari*a. У других видов содержание Cd было значительно меньшим, но во всех случаях существенно превышало ПДК (0,1 мг/кг). Например, *Suillus luteu*s оно составляло 2,25 мг/кг, у *Lactarius pubescens* – 1,30 мг/кг. Таким образом, загрязнение почвы оказывает существенное влияние на накопление Cd в биологических объектах.

Pb также относится к числу элементов с высокой токсичностью. Склонность к его аккумуляции, т.е. КН выше единицы, имеют: *Agaricus bitorquis, Boletus erythropus, Clitocybe nebularis, Langermannia gigantea, Lycoperdon perlatum*. В условиях загрязнения, в частности в придорожных лесополосах, содержание Pb в плодовых телах грибов может повышаться. Однако достоверное увеличение концентрации этого элемента было установлено лишь для четырех из двенадцати изученных видов. Это *A. bitorquis, C. nebularis L. perlatu*m, т.е. три вида из пяти указанных выше в качестве коцентраторов Pb. У остальных изученных нами видов, в частности *Lactarius controversus, Leccinum scabrum, Paxillus involutus* и др. в условиях придорожных лесополос содержание Pb оставалось на уровне средних показателей. Это связано с малой подвижностью соединений рассматриваемого элемента.

Среднее содержание Ni в агарикомицетах в районе исследований составляет 2,95 мг/кг. Тенденция к его накоплению проявляется у трех видов, в плодовых телах которых содержание этого металла превышает средний показатель в 1,5 – 2,5 раза. Для *Cortinarius triumphan*s содержание никеля в плодовых телах составляет – 7,24 мг/кг, для *Macrolepiota procera* – 4,55 мг/кг, для *Russula delica* – 4,16 мг/кг.

Среднее содержание Zn в плодовых телах агарикомицетов в районе исследований составляет – 82,4 мг/кг. Его накопителями являются 5 видов грибов. В плодовых телах *Boletus pinicola* содержание Zn составляет 111,45 мг/кг, *Lactarius deliciosus* – 138,25 мг/кг, *Leccinum aurantiacum* – 110,37, *L. variicolo*r – 130,95 мг/кг, *Suillus luteu*s – 128,80 мг/кг.

Накопителями As являются *Clitocybe nebularis, Lactarius deliciosus, Lycoperdon perlatum*.

В ходе исследований нами изучалась биологическая аккумуляция природных – ^{40}K, ^{226}R и ^{232}Th и искусственных – ^{13}7Cz и ^{241}Am радионуклидов. Было установлено, что в условиях лесных почв, в которых содержание радионуклидов не превышает ПДК, различные виды грибов накапливают их избирательно и с различной интенсивностью. То есть проявляется та же самая закономерность, что и в плане биоаккумуляциии рассмотренных выше химических элементов.

Среди искусственных радионуклидов наиболее опасным является ^{241}Am. Максимальные концентрации этого элемента были зафиксированы в плодовых телах *Paxillus involutus* –390 Бк/кг и *Xerocomus badius* – 648 Бк/кг. Эти виды имели максимальные КН – 9,5 и 17,1 соответственно. Накопителями ^{241}Am являются также *Lepista nuda, Russula adusta, Tricholoma flavovirens*. Содержание в их плодовых телах ^{241}Am существенно превышало средний уровень для агарикомицетов района исследований, который составляет 68,29 Бк/кг. Эти же виды выделялись и в отношении накопления ^{137}Cz. В связи с этим вышеназванные виды мы не рекомендуем собирать и употреблять в пищу, особенно в районах, где имеет место радиоактивное загрязнение.

Природные радионуклиды накапливают 9 видов грибов. Из них КН выше 1 по отношению к 40K имеют: Macrolepiota procera, Lactarius vellereus, Russula flava; к ^{226}R – *Agaricus abruptibulbus, Boletus erhythropus, Cortinarius triumfans*; к ^{232}Th – *C. triumfans, M. procera, Phaeolus schweinitzii u Xerocomus badius*.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что способность накапливать химические элементы не является общей особенностью агарикомицетов. Среди них выделяются виды-концентраторы, накапливающие в плодовых телах один или несколько химических элементов. Способность к биоаккумуляции не является универсальной. Например, *Paxillus involutus* – супер-концентратор искусственных радионуклидов по Cd, Pb и As – имеет КН ниже 1. Это же относится и к *Xerocomus badius*.

Проблема токсичных элементов и радионулидов имеет отношение не только к дикорастущим грибам. Она достаточно актуальна и по отношению к культивируемым видам, в первую очередь к *Agaricus bisporu*s. Если основные компоненты шампиньонного субстрата – солома и куриный помет – обычно проверяются на содержание рассматриваемых ингредиентов, то добавки – суперфосфат, гипс, мел и торф, из которого готовится покровная земля, как правило, не контролируются. В то же время известно, что фосфорные удобрения, вырабатываемые из Кольских апатитов, могут содержать значительное количество Cd [3]. Грибы же рода *Agaricus*, к которому относится культивируемый шампиньон, являются биоконцентраторами этого элемента. Торф и известковые материалы могут быть источниками радионуклидов.

Как показывает анализ архивных данных производственных лабораторий, в дикорастущем грибном сырье нередко наблюдаются превышения ПДК по содержанию токсичных элементов и радионуклидов. Чаще всего подобные превышения наблюдаются по Cd. Это связано с тем, что фоновые концентрации этого элемента в таких ценных съедобных грибах как *Armillaria ostoya, Boletus edulis* и *Lactarius deliciosus* близки к значению ПДК. Это дает основание считать существующий норматив недостаточно объективным. Металлы в грибных клетках находятся в основном в связанном состоянии, как в тканях моллюсков и ракообразных, а не как в овощах и фруктах. Поэтому и значения ПДК для грибов должны быть ближе к таковым в морепродуктах т.е. 2,0 мг/кг, а не 0,1. Это относится не только к ПДК по кадмию, но и по другим токсичным элементам и радионуклидам.

Список литературы

1. Иванов А.И. Характер накопления некоторых металлов и мышьяка в базидиомах грибов порядка Boletales. Микол. фитопатол. 2007; 41(6): 500-5.
2. Иванов А.И. К вопросу о накоплении тяжелых металлов, радионуклидов и мышьяка плодовыми телами базидиальных макромицетов. Совр. микол. в России. 2008; 2
3. Потатуева Ю.А. Влияние длительного применения фосфорных удобрений на накопление в почве тяжелых металлов. Агрохимия, 1994; 11: 98-113.

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОСТИ ГРИБОВ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАКАЗНИКА МШИНСКОЕ БОЛОТО

Иванов Д.М.[1], Ефремова М.А.[2], Родичева Т.В.[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

[2]Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Авария на Чернобыльской АЭС признана крупнейшей техногенной катастрофой [1]. Одним из ее последствий является присутствие ^{137}Cz – изотопа искусственного происхождения – в различных природных экосистемах [2]. Установлено что ^{137}Cz накапливается грибами в большей степени, чем другие изотопы, попавшие в окружающую среду после аварии. Это происходит потому, что грибы обладают мицелиальным строением и адсорбционным типом питания.

В среднем, в грибах концентрация ^{137}Cz более чем в 20 раз выше, чем в максимально загрязненном слое лесной подстилки. Установлено, что грибы поглощают ^{137}Cz в 10 раз больше, чем изотопы плутония и в 1000 раз больше, чем ^{90}Sr [3].

В районе исследования на карте радиационного загрязнения местности ^{137}Cz отмечено несколько зон загрязнения с плотностью 1 Ки/км^2 [4]. Они приурочены к верховым сфагновым болотам заказника «Мшинское болото». Это и определило цель проведенной работы.

Цель работы – оценить радиоактивность плодовых тел грибов, собранных в болотных экосистемах.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

– на основе предварительных данных выбрать места сборов;

– провести сбор плодовых тел грибов в период массового плодоношения;

– измерить радиоактивность в сухих гербарных образцах.

Наблюдения и сборы плодовых тел грибов проводились в Гатчинском р-не Ленинградской обл. в сентябре 2014 г. Географические координаты каждого места сбора определялись GPS навигатором eTrex пр-ва Garmin, точность 15 м (приведены в скобках).

Места сбора плодовых тел грибов.

I. Участок смешанного заболоченного леса (N 59°04.560', E030°28.268'). Ель, береза и сосна с подростом ели и отмершими осинами.

II. Верховое болото с мощностью торфяных отложений 0,5 м (N 59°04.775', E030°25.527'). Болотная форма сосны обыкновенной.

III. Небольшое болото, изолированное лесом и грунтовой дорогой (N 59°04.781', E030°25.326'). Древостой – сосна и береза.

Материалом для исследования послужили плодовые тела, принадлежащие к следующим видам грибов:

Lactarius helvus (Fr.) Fr. Млечник серо-розовый;

Lactarius rufus (Scop.: Fr) Fr. – Горькушка;

Leccinum holopus (Rostk.) Watling – Подберезовик болотный;

Paxillus involutus (Batsch : Fr.) Fr. – Свинушка тонкая;

Rozites caperatus (Pers.: Fr) P. Karst – Колпак кольчатый;

Russula emetica (Schaeff.) Pers. – Сыроежка едкая;

Suillus variegatus (Sw.) Kuntze – Моховик желто бурый.

Латинские названия таксонов приводятся по данным Index Fungorum (http:.www.indexfungorum.org/Names/Names.asp). Русские названия видов грибов приведены по определителю Б.П. Василькова [5].

Собирали рядом расположенные плодовые тела указанных видов в количестве, достаточном для приготовления образца, удовлетворяющего условию измерения в толстом слое. После сбора плодовые тела грибов для сохранения высушивали в токе теплого воздуха на электрической сушилке. Дальнейшие измерения проводили с сухими грибами.

Для определения радиоактивности (Бк/кг) использовался радиометр бетаизлучения «Бета». Детектор – газоразрядный счетчик торцового типа СБТ10, расположенный в свинцовом домике. Измерения проводились в условиях толстого слоя. Значение фона детектора измеряли каждые два часа. Время измерения пробы не менее 1000 с. Среднее значение по образцам получено для плодовых тел одного вида из одного местообитания (см. таблицу).

Идентификацию радионуклидного состава в сухих плодовых телах грибов проводили на сцинтилляционном гамма-спектрометре МКГБ-01 «РАДЕК». Использованный метод спектроскопии позволяет выявить содержание в пробе цезия-137.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных измерений были получены данные, приведенные в таблице.

Согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 [6], допустимый уровень содержания ^{137}Cz в сухих грибах составляет 2500 Бк/кг. Анализ полученных результатов показывает, что значения суммарной бета-активности в шляпках плодовых тел грибов превышают установленные допустимые значения (см. таблицу). Употреблять в пищу такие грибы не следует. Например, в случае *Leccinum holopus* – Подберезовика болотного из II места сбора превышение составляет 3,8 раза.

В целом радиационную обстановку района исследования можно охарактеризовать как благоприятную [4]. Однако следует отметить, что на верховых болотах складываются условия способствующие накоплению ^{137}Cz в шляпках плодовых тел разных видов дикорастущих съедобных грибов. Это происходит из-за кислой реакции среды сфагновых болот, способствующей большей подвижности ^{137}Cz. А водный режим торфяников приводит к свободной миграции радионуклида по всему почвенному профилю.

Таблица. Значения радиоактивности в плодовых телах грибов

Виды / Места сбора	I	II	III
Lactarius helvus	2471±247 / 1566±157	4623 ± 462 / -	
Lactarius rufus	2891± 289 / 1871±187	4133±413 / 2149±215	
Leccinum holopus	4485±449 / 907±91	9553±955 / 2725±273	4496±450 / 1638±164
Paxillus involutus	5360±536 / -		
Rozites caperatus			7523±752 / 3262±326
Russula emetica		5373±538 / 2938±294	4726±473 / 2816±282
Suillus variegatus	2882±288 / -	5760±576 / 2149±215	

Примечания к таблице:

Числитель дроби – активность в шляпке, знаменатель – активность в ножке. * – в данном случае учтена ошибка измерения прибора, составляющая 10%. Прочерк означает, что количество образца было недостаточно для проведения измерений. Ячейка таблицы пуста в случае отсутствия плодовых тел данного вида в месте сбора.

Решение об отдельном измерении активности в шляпках и ножках плодовых тел грибов было принято на основе данных, приведенных в работе [3]. Следует отметить, что активность ^{137}Cz в шляпках выше, чем в ножках. Так для Подберезовика болотного активность в шляпке выше, чем активность в ножке в 2,7 – 4,9 раза. По нашему мнению, это обусловлено тем, что ножка выполняет проводящую функцию для воды и других веществ, а основное накопление происходит в шляпке, которая несет гимениальный слой – место протекания полового процесса и образования спор. Известно, что генеративные органы накапливают радионуклиды в большей степени, чем другие части организма.

Одним из путей поступления ^{137}Cz в организм человека является употребление в пищу лесных грибов [2]. В основном заготавливаемые дикорастущие съедобные грибы относится к эктомикоризообразующим грибам. Установлено, что эктомикоризообразующие грибы, накапливают больше радионуклидов в плодовых телах, чем сапротрофные и дереворазрушающие грибы [7].

Эктомикоризным грибам уделяется особое внимание при изучении круговорота ^{137}Cz в экосистемах. В некоторых странах, например в Англии, Германии и Норвегии использование изучению накопления ^{137}Cz уделяется много внимания [8, 9]. На основе большого массива экспериментальных данных, обобщенных в работе [10], показано, что мицелий грибов играет первостепенную роль и в аккумуляции ^{137}Cz, и в его круговороте в экосистеме. Особо важную роль играет установление того факта, что от 15 до 25% ^{137}Cz в почве находится в аккумулированном состоянии в мицелии грибов, образующих эктотрофную микоризу [11]. Таким образом, признано, что грибы, образующие эктотрофную микоризу в лесных экосистемах, играют существенную роль в круговороте ^{137}Cz.

Выводы

1. На протяженном верховом болоте сложились условия (торфяные почвы, кислая реакция среды) для максимального накопления ^{137}Cz в плодовых телах дикорастущих съедобных грибов.

2. Необходимо ограничить сбор дикорастущих съедобных грибов на верховых болотах в районе исследований.

3. Необходимо отдельно измерять активность радионуклидов в шляпках и ножках плодовых тел грибов, поскольку они накапливают ^{137}Cz по-разному.

Список литературы

1. Ильин Л.А., Губанов В.А. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. М.: «Изд-АТ». 2001: 752 с.
2. Булгаков А.А., Коноплев А.В., Авилла Р. Оценка накопления 137Cs в лесных грибах по свойствам почвы. Радиац. биол. Радиоэкол. 2000. 40(4): 462-64.
3. Щеглов А.И., Цветнова О.Б. Грибы – биоиндикаторы техногенного загрязнения. Природа. 2002; 11: 39-46.
4. Ленинградская область. Карта радиоактивного загрязнения местности (цезием-137). 1 : 200 000. СПб.: КПЦ «Ленлес». 1992. 30 листов карт.
5. Васильков Б.П. Съедобные и ядовитые грибы средней полосы европейской части России: Определитель. СПб.: Наука. 1995: 189 с.
6. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01.
7. Fesenko SV, Soukhova NV, Sanzharova NI et all. ^{137}Cs availability for soil to under story transfer in different types of forest ecosystems. Sci Total Envir. 2001; 269: 87-103.
8. Barnett CL, Beresford NA., Self PL et all. Radiocaesium activity concentrations in the fruit-bodies of macrofungi in Great Britain and an assessment of dietary intake habits. Sci Total Envir. 1999; 231: 67-83.
9. Amundsen I, Gulden G, Strand P. Accumulation and long term behaviour of radiocaesium in Norwegian fungi. Sci Total Envir. 1996; 184: 163-71.
10. Gillett AG, Crout NMJ. A review of ^{137}Cs transfer to fungi and consequences for modelling environmental transfer. J Envir Radioact. 2000; 48: 95-121.
11. Vinichuk MM, Johanson KJ. Accumulation of 137Cs by fungal mycelium in forest ecosystems of Ukraine. J Envir Radioact. 2003; 64: 27-43.

АССИМИЛЯЦИОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ЭВРИБИОНТНОГО ВИДА RHODOTORULA MUCILAGINOSA КАК ОТРАЖЕНИЕ МАКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИХ РЕГИОНОВ ВЫДЕЛЕНИЯ

Качалкин А.В., Венжик А.С.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Вид *Rhodotorula mucilaginosa* (Jörgensen) F.C. Harrison (1928) среди всех видов дрожжевых грибов является одним из самых распространенных в природе [1]. Его выделяют из почв, морских и пресных вод, в качестве эпифита на листьях растений. Он также встречается в экстремальных местообитаниях, выделяется из вечной мерзлоты, в том числе возрастом в несколько миллионов лет (Дмитриев и др., 1997; D'Elia et al., 2009). Известно, что вид *Rh. mucilaginosa* характеризуется очень высокой фенотипической вариабельностью штаммов. При этом уровни таких вариабельностей, их встречаемость, а также закономерности распространения штаммов, обладающих теми или иными свойствами, к настоящему моменту неизвестны.

Изучены 68 коллекционных штаммов, выделенных из различных местообитаний территории России (Архангельская, Московская, Мурманская, Новосибирская и Тверская области, Москва, Республика Дагестан, Бурятия и Коми, Красноярский край, Ханты-Мансийский автономный округ) и Мира (Марокко, Монголия, о. Бали, Памир, Шпицберген). Видовая идентификация штаммов осуществлялась с помощью анализа консервативных регионов рДНК. Физиологические свойства штаммов исследовались постановкой расширенного физиологического спектра на ассимиляцию разных источников углерода и азота. Всего было использовано 53 стандартных физиологических ассимиляционных теста (Kurtzman et al., 2011).

Показано, что 29 из 53 исследованных ассимиляционных тестов у выборки штаммов варьируют. Наиболее широкий ассимиляционный профиль (34 среды) был обнаружен для двух штаммов, выделенных из древесины в Московской области и с болотных растений в Ханты-Мансийского автономного округа; наиболее узкий профиль (22 среды) – у штаммов из воды Белого моря и с болотных растений Московской области. Однако при учете средних значений широты ассимиляционного профиля установлено, что большее разнообразие потребляемых субстратов было свойственно штаммам, происходящим из регионов с положительными температурами в зимний период.

Достоверное разделение популяций штаммов по макроклиматическим параметрам регионов выделения проявлялось и при ассимиляции некоторых источников углерода. Так, полученные данные позволили показать, что доля штаммов способных к росту на L-винной кислоте, а также (но в меньшей степени) на 3,4-диметоксибензойной кислоте, сорбите и целлобиозе заметно выше в регионах с положительными температурами в зимний период (на основании среднегодовой температуры января). Для штаммов Rh. mucilaginosa из местообитаний с летними температурами выше 20 oC (на основании среднегодовой температуры июля) ассимиляция рамнозы и молочной кислоты заметно чаще встречается, чем для штаммов из регионов с более низкими летними температурами. Встречаемость ассимиляции молочной кислоты также заметно выше для популяций, происходящих из регионов с более континентальным климатом (на основании разницы среднегодовых температур января и июля), а рамнозы, рибита, трегалозы и мелецитозы – выше для популяций из более умеренных зон.

Уровень континентальности климата в виде перепадов температур между летним и зимним периодами проявил себя как достаточно наглядный параметр, отражающим дискретность исследованной выборки штаммов по данным вариабельности 29 ассимиляционных характеристик вида (рис.). Штаммы из различных местообитаний, характеризующихся одинаковыми уровнями перепадов температур, в большинстве своем образуют отчетливые группы.

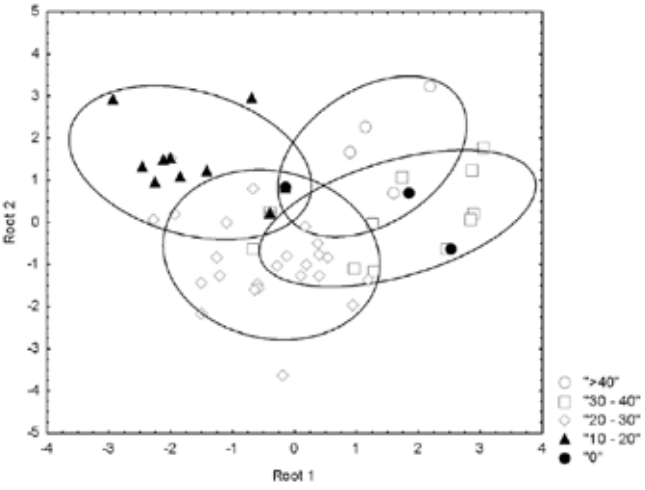


Рис. Ординация (дискриминантный анализ) для штаммов *Rh. mucilaginosa* по физиологической вариабельности в зависимости от перепада среднегодовых температур июля и января для их мест выделений.

Полученный нами результат, очевидно, отражает наличие у эврибионтного вида Rh. mucilaginosa физиологической вариабельности популяций, отражающей макроклиматические параметры регионов выделения. Хотя эврибионтность вида и его широкий ареал распространения не позволяют использовать единичные штаммы для биоиндикации, но на основании популяционных характеристик решение данный проблемы возможно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта МК-788.2014.4.

Список литературы

1. Sampaio JP. Rhodotorula Harrison (1928). In: The yeasts, a taxonomic study. Kurtzman C.P., Fell J.W., Boekhout T. (eds). 5th edn. Elsevier, Amsterdam. 2011; 3: 1873-927.
2. Дмитриев В.В., Гиличинский Д.А., Файзутдинова Р.Н. и др. Обнаружение жизнеспособных дрожжей в грунтах вечной мерзлоты Сибири возрастом свыше 3-х млн. лет. Микробиология. 1997; 66: 655-60.
3. D'Elia T, Veerapaneni R, Theraisnathan V, Rogers SO. Isolation of fungi from Lake Vostok accretion ice. Mycologia. 2009; 101: 751-63.
4. Kurtzman CP, Fell JW, Boekhout T, Robert V. Methods for isolation, phenotypic characterization and maintenance of yeasts. In: Kurtzman C.P., Fell J.W., Boekhout T. (eds). The yeasts, a taxonomic study, 5th edn. V. 1. Elsevier, Amsterdam. 2011: 87-111.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ HYPOGYMNIA PHYSODES В ФОНОВОМ РАЙОНЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Катаева М. Н.

Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

Химический состав эпифитных лишайников привлекал к себе внимание в связи с их использованием в качестве индикаторов экологического состояния лесов и перспектив их развития при загрязнении выбросами производства цветной металлургии. Типичные показатели накопления микроэлементов лишайниками представляют интерес как региональные фоновые значения для Кольского полуострова, однако об изменении их состава на разных древесных породах сведений мало. Для этой цели подходят распространенные в северной тайге виды, встречающиеся в экологически разнообразных местообитаниях, значительная роль в образовании которых принадлежит еловым лесам.

Цель работы – выявить изменение накопления микроэлементов в виде *Hypogymnia physodes*, растущем на разных субстратах в березово-еловом зеленомошном лесу в фоновом районе в бассейне р. Лива. Древесный ярус этого сообщества образован *Picea obovata* Ledeb. и Betula pubescens Ehrh. Давность пожара 376 лет. Микроклиматические и эколого-ценотические условия в нижней части кроны ели благоприятны для эпифитов, в связи с этим, данный лишайник и его субстраты собраны на сопоставимой высоте – 1,3 м.

Образцы *H. physodes* (L.) Nyl. собирали в августе 2013г. со стволов березы, живых и сухих ветвей ели, по 6–8 шт. на каждом типе субстрата. Диаметр живых ветвей ели, на которых рос лишайник – 0,8–1,4 см, сухих – 0,3–0,5 см. Диаметр стволов берез 10–27 см, ели 4–38 см. Анализировали сравнимые по размерам талломы до 5 см. Определяли основные компоненты выбросов металлургического производства «Североникель» – Ni и Cu, а также Pb. При высоких концентрациях эти элементы токсичны и относятся к числу определяемых показателей при мониторинге окружающей среды. Концентрации химических элементов измеряли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Квант-АФА. Достоверность различий средних содержаний в *H. physodes*, собранной с ветвей ели и стволов березы оценивали по критерию Стьюдента при уровне значимости 95%.

По мере роста деревьев ели края горизонтально расположенных ветвей засыхают и подходят для заселения лишайниками из-за хорошей освещенности и более интенсивного поступления минеральных элементов с осадками. По-видимому, на состав лишайников на стволах березы влияет сток осадков по стволу, и осадков, прошедших через крону, тогда как более высокое содержание микроэлементов в них на горизонтально расположенных ветвях ели связано с осаждением частиц и растворов из воздуха.

Результаты показали, концентрации Ni, Cu и Pb в лишайнике, растущем на живых и сухих ветвях ели значимо выше, чем на стволах. На стволах берез в *H. physodes* среднее содержание составило: Ni – 5,84, Cu – 9,68, Pb – 3,26 мг/кг. На живых ветвях ели накопление этих элементов лишайником выше, по сравнению с сухими ветвями. Степень отличий характеризуют статистически значимые разницы средних между концентрациями в *H. physodes* на этих двух типах ветвей ели со стволами березы. Разницы концентраций в лишайнике на живых и сухих ветвях со стволами равны соответственно – Ni – 3,17 и 2,86, Cu – 6,22 и 4,86, Pb – 1,50 и 1,21 мг/кг. Более широкие различия в них наблюдаются по содержанию Ni и Cu.

Обнаружено, что на стволах березы накопление Ni, Cu и Pb *H. physodes* положительно связано с диаметром стволов на высоте 1,3 м. С диаметром стволов ели такой связи не выявлено. Содержание Ni, Cu и Pb в *H. physodes*, растущей на живых ветвях ели выше, по сравнению с сухими, хотя средние значения в этих местообитаниях достоверно не различаются. Такое повышение, вероятно, связано с расположением живых ветвей, которое ближе к горизонтальному, с более благоприятным режимом влажности у ствола ели и с последовательностью заселения лишайником. Анализ субстратов показал, что в этих местообитаниях в коре живых и сухих ветвей ели средние концентрации близкие: Ni – 4,5–5,3 мг/кг и Cu – 8,2–8,3 мг/кг. В соответствии с содержанием в лишайнике на стволах, меньшие концентрации обнаружены в коре стволов

березы – Ni – 1,2, Cu – 4,3 мг/кг. При сравнении содержания Pb в этих субстратах обнаружен такой же характер, мало отличается корка живых и сухих ветвей ели 3,5 – 3,9 мг/кг соответственно, и самое низкое содержание Pb найдено в коре березы – 0,67 мг/кг. По сравнению с ветвями, в корке стволов ели концентрации этих элементов ниже, Ni – 1,1, Cu – 5,2, Pb – 1,0 мг/кг, т. е. на химический состав корки ветвей влияет расположение их поверхности.

Средние концентрации Ni, Cu и Pb в *H. physodes*, растущей на стволах берез, можно рассматривать как фоновые значения, они сопоставимы с данными для листоватых лишайников [1]. В местообитаниях на живых ветвях ели, по сравнению со стволами берез, в *H. physodes* среднее содержание Ni выше в 1,54, Cu – 1,64, Pb – 1,46 раза, т.е. концентрации в лишайнике составили: Ni – 9,0, Cu – 15,9, Pb – 4,7 мг/кг.

В настоящее время содержание металлов в различных компонентах лесных сообществ в зоне влияния выбросов металлургического производства «Североникель» изменилось из-за длительного времени его работы. При этом и на фоновых территориях вне этой зоны можно зарегистрировать влияние экологических условий местообитаний на состав лишайников. При давности пожаров свыше 300 лет в еловых лесах восстанавливаются параметры древесного яруса, его средний возраст[2]. Влияние на среду сообщества, создаваемое этим ярусом, изменяется – его ветровой режим, освещенность, температура и влажность воздуха, представляющие важные факторы для роста и развития лишайников. Содержание металлов в *H. physodes* в этих условиях является показателем, обусловленным не только влиянием климатических характеристик северной тайги, но и сообщества.

Таким образом, наблюдаемый характер накопления микроэлементов *H. physodes* в фоновом районе зависит от экологических условий роста, угла наклона субстрата и влияния режима влажности и осадков. По всей видимости, в лесных сообществах при слабом и умеренном загрязнении можно обнаружить гораздо более выраженное влияние условий роста на накопление микроэлементов для относительно устойчивых видов лишайников.

Список литературы

1. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. М. 2005: 457с.
2. Динамика лесных сообществ Северо-Запада России. Л. 2009: 276 с.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ *PHAEOLEPIOTA AUREA* В БИОЦЕНОЗАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Кириллов Д.В.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

В основу работы легли результаты изучения вида в 2010-14 гг. на территории Республики Коми. Цель исследования – уточнить вопросы связанные с распространением, продуктивностью вида, биологическими и экологическими особенностями в условиях Европейского Северо-Востока РФ.

Phaeolepiota aurea (Matt.) Maire ex Konrad & Maubl. (сем. Agaricaceae) (феолепиота золотистая, золотой гриб) – имеет широкое распространение на территории бореальной зоны России (Вассер, 1980), Европы (Courtecuisse, Duhem, 1995) и Северной Америки (Smith, Hesler, 1968), в Азии отмечен в Японии и Вьетнаме (Булах, 1990). Вид повсеместно редок. Занесен в красные книги некоторых регионов РФ (Республик Карелия (2007), Коми (2009), Удмуртия (2007), Чувашия (2001), Камчатской (2007), Московской (2008), Тверской (2002), Ярославской (2004) областей.

В отечественной и европейской микологической литературе вид рассматривается как съедобный и даже очень вкусный. Однако исследователи из США и Канады сообщают о случаях отравлений по типу желудочно-кишечных нарушений при употреблении плодовых тел в пищу (Wells, Kempton, 1965; Smith, Hesler, 1968). Токсикологический скрининг плодовых тел (ПТ) показал высокую цианогенность вида (способность образовывать HCN) и склонность к накоплению тяжелых металлов в больших концентрациях (Cd до 41 мг/кг сухих ПТ) (Stijve, Audrey, 2002). Эти авторы дают рекомендации воздержаться от употребления ПТ вида. По нашим данным, на территории Республики Коми 10% сборщиков знают и 2–4% – используют ПТ *Ph. aurea* в пищу в тушеном или маринованном виде.

В трофическом отношении *Ph. aurea* – гумусовый сапротроф, его распространение связано с богатыми, высокогумусированными почвами. Основные местообитания на территории Республики Коми можно разделить на две группы: естественные и антропогенно-трансформированные. В естественных условиях вид предпочитает разреженные или открытые (опушки, прогалины) участки смешанных хвойно-лиственных лесов травянистых (высокотравных), пойменные, реже суходольные сероольшаники (крапивные, разнотравные) и крупнотравные луга с торфянистыми почвами. Если же луга подвержены выкашиванию, то на таких участках вид плодоносит очень обильно. По нашим наблюдениям, основными местообитаниями *Ph. aurea* являются антропогенно-измененные биоценозы – рудеральные участки (зарастающие грунтовые

дороги, их обочины, заброшенные карьеры, пустыри), старые вырубки, сенокосы, заросли борщевика Сосновского по залежам, часто встречается он и в населенных пунктах (на газонах и в парках).

Характерной особенностью *Ph. aurea* служит цикличность его плодоношения, интенсивность которого варьирует по годам от крайне низкой до экстремальной высокой, когда огромные количества ПТ наводняют местообитания вида. За пятилетний период наблюдений сезоны с высокой урожайностью повторялись в Республике Коми с частотой один раз в два года (2012 и 2014 гг.), в остальные сезоны продуктивность была очень низкой (1 балл по шкале Каппера). Сезон плодоношения сравнительно короткий и проходит в один слой. В среднем он длится с 1-й декады сентября по 1-ю декаду октября. Вероятной причиной отмеченных колебаний урожайности служит достаточно узкий диапазон толерантности рассматриваемого вида к условиям обитания (богатство субстрата, микроклиматические условия), которые достигают оптимального значения не каждый сезон.

Определение продуктивности *Ph. aurea* проводили по классическим методикам оценки урожайности съедобных грибов (Васильков, 1968; Скрябина, 2000) с небольшими дополнениями. Работы вели ежегодно, с использованием постоянных учетных площадок (15×15м; 0,02 га), заложенных в основных типах местообитаний. Наблюдения осуществляли в течение сезона плодоношения с интервалом 7–10 дней. Показатель учета – количество ПТ с единицы площади (1 га) за сезон. Учитывая редкость вида, в ходе учетных работ сбор ПТ не осуществляли, а только подсчитывали их количество. Во избежание повторов учтенные ПТ маркировали с помощью зубочисток. Пересчет в весовые показатели проводили перемножая на определенное по фактическому материалу среднее значение массы ПТ в свежем и сухом состоянии (табл. 1).

Как видно из таблицы 2, вид в благоприятные для плодоношения годы отличается достаточно высокой урожайностью, которая в несколько раз выше, чем максимально зафиксированная нами в Республике Коми среднемноголетняя продуктивность массовых видов съедобных грибов: подосиновика (32,2 кг/га, свежие ПТ), опенка осеннего (40,2) и волнушки (48,7) (Кириллов, 2014). В естественных местообитаниях (МО 1 и 2) вид плодоносит не так обильно, как на антропогенно-трансформированных участках.

Интересный факт выявлен при наблюдении за площадкой на высокотравном лугу (МО 6): в годы, когда было проведено скашивание травостоя урожайность Ph. aurea была очень высокой (max – 1389,3 кг/га), но сокращалась до минимума в годы, когда луг не косили (пропуск ПТ при обследовании луга исключен). Подобное явление отмечали британские ученые (Griffith et all, 2012) при изучении влияния травокошения на плодоношение луговых макромицетов. Вероятной причиной этому может быть изменение микроклиматических условий, возникающее при удалении травяного покрова. Наблюдаемое при этом снижение концентрации CO_2, увеличение освещенности, температуры почвы – оказывает благоприятное влияние на состояние мицелия, стимулирует начало размножения, образование примордиев и развитие ПТ изучаемого вида.

Таблица 1. Среднее значение и изменчивость морфометрических параметров плодовых тел *Phaeolepiota aurea* в исследованной выборке (n = 93)

Показатели	ДШmax, мм	mПТсвеж, г	mПТсух, г
M±m, мм	96,3 ± 3,91	70,4 ± 6,12	5,2 ± 0,52
min-max, мм	45-190	11,8-257,0	1,5-15,6
Коэффициент вариации (CV)	33,3	71,2	60,7

Примечание: ДШmax – максимальное значение диаметра шляпки; mПТсвеж и сух. – масса ПТ в свежем и воздушно-сухом состоянии.

Таблица 2. Среднемноголетнее значение продуктивности *Phaeolepiota aurea* в основных типах местообитании на территории Республики Коми

№ п/п	Тип местообитаний (МО)	Показатель учета, ПТ/га/год	Средняя урожайность по типам МО, кг/га/год	
			свежие ПТ	сухие ПТ
1	Сероольшаник крапивный, старый	733	51,6	0,3
2	Сероольшаник снытевый, старый	1000	70,4	0,4
3	Пустырь с мелкотравьем и подростом Олс	3917	275,6	1,4
4	Дорога, зарастающая мелколиственной порослью	700	49,3	0,3
5	Обочина грунтовой дороги, мелкотравный луг	960	67,6	0,4
6	Луг высокотравный припойменный, сенокосный	7633	537,2	2,8
7	Газон мелкотравный, с торфяной почвой	2000	140,7	0,7

Исследования показали, что *Ph. aurea* широко распространен на территории Республики Коми и большинство его местообитаний связаны с антропогенно-трансформированными участками. Плодоношение вида имеет прерывистый по годам характер, с широкой амплитудой колебаний урожайности в сезоны с благоприятными и неблагоприятными значениями почвенно-климатических факторов среды.

Список литературы

1. Булах Е.М. и др. Низшие растения, грибы и мохообразные советского Дальнего Востока. Грибы. Т. 1: Базидиомицеты: сыроежковые, агариковые, паутинниковые, паксилловые, мокруховые, шишкогрибовые. Л.: Наука. 1990: 407 с.
2. Васильков Б.П. Методы учета съедобных грибов в лесах СССР. Л.: Наука. 1968: 68 с.
3. Вассер С.П. Флора грибов Украины. Агариковые грибы. Киев: Наукова думка. 1980: 328 с.
4. Кириллов Д.В. Продуктивность съедобных макромицетов на территории некоторых ООПТ среднетаежной подзоны Республики Коми. Матер. XX Всероссийской науч. конф. "Актуальные проблемы биологии и экологии". Сыктывкар. 2014: 35-40.
5. Скрябина А.А. Методы ресурсной характеристики съедобных грибов. Проблемы региональной экологии: Мат. конф. Новосибирск: СО РАН. 2000. Вып. 8: 111-3.
6. Courtecuisse R, Duhem B. Mushrooms et Toadstools of Britain and Europe. L. 1995: 480 p.
7. Griffith G, Roderick K, Graham A, Causton D. Sward management influences fruiting of grassland basidiomycete fungi. Biol Conserv. 2012; 145: 234-40.
8. Smith AH, Hesler LR. The North American species of Pholiota. New York, London: Hafner Publ. 1968. 402 p.
9. Stijve T, Audrey D. Phaeolepiota aurea, a beautiful and mysterious mushroom. Mycologist. 2002; 21(1): 24-28.
10. Wells VL, Kempton PE. Togaria aurea in Alaska. Mycologia. 1965: 316-18.

КОМПЛЕКСЫ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА (ЗФИ).

Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Баранцевич Е.П., Крыленков В.
Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург
Санкт-Петербургский государственный университет
ФЦ сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург

Изменение, в том числе потепление климата [1] и широкое вовлечение в промышленное освоение ресурсов Арктики в последнее время приводит к обострению в этом регионе экологической ситуации. Экосистемы высоких широт рассматриваются как местообитания низших эукариотических организмов, адаптированных к жестким условиям существования, с учетом почвенно-экологических и геоботанических особенностей ландшафтов. Арктические и Антарктические почвы можно рассматривать как одни из самых экстремальных местообитаний на планете.

Низкие температуры являются основным фактором стресса, что оказывает воздействие на микробной процессы, изменяя стратегии адаптации и приводя к появлению психротропных и психрофильных штаммов. Низкие и отрицательные температуры создают стрессовые условия, при которых вода становиться биологически недоступной для организмов, проективное покрытие растительного покрова может составлять только 5%, накопление биомассы в почве происходит крайне медленно в период короткого полярного лета, все это приводит к низкому содержанию органического вещества в грунтах и первичных почвах. Из-за низкого пула питательных веществ, пропагулы микроскопических грибов могут находиться в почве в неактивном состоянии, а поступление органического вещества и кратковременное повышение температуры может приводить к активным биологическим процессам. В условиях полярных пустынь в высоких широтах Арктики и Антарктики, где первичная продукция значительно снижается, почвенные микроорганизмы испытывают не только воздействия низких температур, но и адаптируются к олиготрофным условия.

Одними из самых высокоширотных участков суши северного полушария являются острова Архипелага Земля Франца-Иосифа. До сих пор микроскопические грибы в почвах и грунтах данного архипелага практически не изучались, кроме Bergero et al. [2].

Целью работы – изучение сообществ микроскопических грибов в почвах ЗФИ в естественных и антропогенно загрязненных сообществах полярных пустынь. Материалами для наших исследований послужили образцы почв и грунтов, отобранные в летний период 2010–2011 и 2014 гг. Образцы почв для микологического анализа отбирали по общепринятым методикам [3]

Идентификация изолятов проводилась на основе культурально-морфологических методов. Для идентификации некоторых видов, (как правило, стерильного мицелия или дрожжевых форм) использовались молекулярные методы. Образцы ДНК исследуемых грибов секвенировали по регионам D2 и D1/D2 гена 26S РНК, а также по региону ДНК, содержащему внутренние транскрибируемые спейсеры ITS1 и ITS2.

Средние показатели численности в антропогенно поврежденных почвах и грунтах были несколько выше, по сравнению с естественными плакорными местообитаниями, что возможно объясняться наличием в почвах пропагул микроскопических грибов сохраняющих жизнеспособность, но не участвующих в метаболических процессах почвы, т.е. наличием интродуцированных изолятов рост и развитие которых происходит при более высоких температурах. Сильное влияние на изменение интегральных показателей естественных ценозов оказывает влажность и проективное покрытие. Переувлажненные сообщества, как правило, имеют самые низкие интегральные показатели численности микромицетов. В разреженных ценозах полярных пустынь, при низком проективном покрытии, интегральные показатели имеют точечный паттерн, связанный с микрорельефом и распределением растений и лишайников.

Таксономический состав комплексов микромицетов в почвах растительных сообществ Архипелага Земля Франца-Иосифа насчитывает 58 видов из 32 родов. Показано, что видовое разнообразие микроскопических грибов в почвах, первичных почвах и грунтах естественных ценозов сравнительно невелико 39 видов (а разнообразие). В то же время антропогенное влияние резко увеличивает число видов, за счет привнесение инвазивных видов в комплексы почвенных микромицетов.

Стоит отметить, что комплексы микромицетов естественных ценозов характеризуются сравнительно небольшим числом доминантных видов, которые практически не изменяются в различных сообществах.

Большая часть изолятов плакорных местообитаний была представлена видами родов *Acremonium, Cadophora, Cladosporium, Geomyces, Mortierella, Phialophora, Phoma и Thelebolus.* Не отмечено изолятов микромицетов *Penicillium* в почвах плакорных ценозов. Микромицеты родов *Phialophor и Mortierella*, как правило, выделялись из почв плакорных ценозов, и практически не отмечались в антропогенно загрязненных почвах.

Антропогенное воздействие на почву и грунты плакорных растительных сообществ полярных пустынь острова Хейс приводит к изменению видового состава и снижению числа видов плакорных сообществ и появлению интродуцированных видов, к которым относиться виды родов *Penicillium и Mucor, Alternaria alternate, Aspergillus niger, Cladosporium cladosporioides, Ulocladium consortiale* и др. Наблюдается появление микромицетов, характерных для более южных регионов, например *Aspergillus niger*.

Большая часть изолятов может быть отнесена к психрофильным и психротрофным видам и менее 10% к мезофиллам. Большинство изолятов были способны расти как при температуре 4–5 °С, так и при температуре 25 °С. В то же время ряд штаммов *Mortierella* и *Phoma* не образовывали колонии при температуре 25 °С, и могли быть рассмотрены как психрофилы. По-видимому, большая часть изолятов (даже виды привнесенные в естественные сообщества под влиянием антропогенной деятельности адаптирована к северным регионам и/или изначально имели широкую температурную амплитуду роста, что позволило им успешно адаптироваться в данных условиях.

Список литературы

1. Kerr RA. Global warming is changing the world. Science. 2007; 316: 188-90.
2. Bergero R, Girlanda M, Varese GC et all. Psychrooligotrophic fungi from Arctic soils of Franz Joseph Land. Polar Biol. 1999; 21(6): 361-8.
3. Методы экспериментальной микологии. Киев. 1982: 550 с.

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ГРИБОВ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е, Озерская С.М.
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.Скрябина РАН, Пущино

В настоящее время показано, что микроскопические грибы являются неотъемлемым компонентом микробного сообщества многолетней мерзлоты. Составлены первичные списки грибов поверхностных слоев Арктики и Антарктиды [1, 2, 3 и др.]. Эти списки пополнились грибами из древних горизонтов многолетнемерзлых отложений, имеющих возраст до 3-8 млн лет [4, 5, 6]. В последние годы проведены метагеномные исследования, существенно расширившие знания о биоразнообразии грибной составляющей различных микробных сообществ, обитающих в арктических почвах [7] и древних отложениях многолетней мерзлоты [8]. Эти и многие другие работы дают основание утверждать, что разнообразие грибов в данной экологической среде довольно высоко, более того, меняется традиционное биогеографическое представление о более высоком разнообразии грибов в тропических регионах по сравнению с полярными.

Многие микромицеты многолетней мерзлоты находятся в условиях многолетней консервации, однако значимая часть выделяемых грибов адаптирована к существованию в активном состоянии при низких положительных температурах. Об этом свидетельствуют более высокие показатели общей численности грибов на средах при 4 °С по сравнению с 25 °С, преобладание специфической группы микромицетов с крупными темноокрашенными конидиями, увеличение общего числа организмов с невысокой скоростью роста [9].

Анализ грибного разнообразия в большом числе образцов многолетнемерзлых грунтов, криопэгов, палеосемян, хранившихся в мерзлых грунтах, частей ископаемой лошади, обнаруженной в мерзлоте, позволяет выявить повторяющиеся таксоны, имеющие высокую частоту встречаемости в холодных местообитаниях. К ним, в первую очередь, относятся *Pseudogymnoascus pannorum* и виды рода *Penicillium*. Они встречаются в большинстве изученных образцов.

Грибы этих таксонов вызывают большой интерес у исследователей. Во многом он связан с поиском активных при пониженных температурах метаболитов (ферментов и других биологически активных веществ). Из коллекции палеогрибов ВКМ было исследовано на способность к образованию вторичных метаболитов более 80 штаммов рода *Penicillium*, выделенных из образцов низкотемпературных экотопов Арктики и Антарктиды. Было обнаружено 25 вторичных метаболитов с уже известной химической структурой и 2 новых для науки метаболита из группы хинолиновых алкалоидов [10].

Интерес к представителям вида *Pseudogymnoascus pannorum* (syn. *Geomyces pannorum*) определяется тем, что они являются носителями стратегий выживания в экстремальных условиях (психротолерантности) [11].

Изучение биологии этих экстремотолерантных микроскопических грибов, которые являются перспективными моделями функциональной эволюции, расширяет наши представления об адаптационных возможностях эукариотов вообще. Не исключено, что грибы многолетней мерзлоты и, в частности, представители *Pseudogymnoascus pannorum* имеют специальные механизмы репарации клеточных структур, необходимые для выживания при действии различных стрессоров.

В настоящее время проводится работа по изучению генетических основ адаптационных способностей этих грибов при воздействии стрессоров, характерных для экотопов Арктики и Антарктиды, – низкой температуры и пониженной влажности. Анализ представленности категорий дифференциально экспрессирующихся генов штамма *P. pannorum* показал существенное обогащение генов, уменьшающих уровень экспрессии, генами, входящими в пути контролирующие клеточные деления и пролиферацию, что соответствует наблюдаемому падению скорости роста этого организма при действии стрессоров [12].

При этом обращает на себя внимание увеличенное количество генов, понижающих свою экспрессию. Наиболее интересными для дальнейшего анализа являются гены с увеличенным уровнем экспрессии как в пределах одного, так и нескольких типов условий, которые могут являться генами, обеспечивающими метаболизм грибов в неблагоприятных условиях.

Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-04-02082а.

Список литературы

1. Vishniac HS. The microbiology of Antarctic soils. In: Friedmann E.I. (ed.) “Antarctic Microbiology”. Wiley-Liss, New York. 1993: 297-341.
2. Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Баранцевич Е.П., Крыленков В.А., Соколов В.Т. Комплексы микроскопических грибов в почвах и грунтах полярного острова Известий ЦИК (Карское море). Микол. фитопатол. 2014; 48(6): 25-31.
3. Власов Д.Ю., Абакумов Е.В., Томашунас В.М., Крыленков В.А., Зеленская М.С. Микобиота почв и антропогенных субстратов полуострова Ямал. Гигиена и санитария. 2014; 5: 49-51.
4. Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Карасев С.Г. и др. Микромицеты и актинобактерии в условиях многолетней естественной криоконсервации. Микробиология. 2001; 70(3): 412-20.
5. Gilichinsky DA, Wilson GS, Friedmann EI et all. Microbial populations in Antarctic permafrost: biodiversity, state, age and implication for astrobiology. Astrobiology. 2007; 2: 275-311.
6. Ozerskaya S, Kochkina G, Ivanushkina N, Gilichinsky D. Fungi in permafrost. In: Margesin R. (ed.) «Permafrost soils». Springer Verlag, Berlin–Heidelberg. 2009: 85-95.
7. Lydolph MC, Jacobsen J, Arctander P et all. Beringian paleoecology inferred from permafrost-preserved fungal DNA. Appl Environ Microbiol. 2005; 71: 1012-7.
8. Kochkina G, Ivanushkina N, Ozerskaya S et all. Ancient fungi in Antarctic permafrost environments. FEMS Microbiol Ecol. 2012; 82(2): 501-9.
9. Ivanushkina NE, Kochkina GA, Ozerskaya S.M. Fungi in ancient permafrost sediments of the Arctic and Antarctic regions. In: Castello J, Rogers S (eds.) “Life in ancient ice”. Princeton Press, Princeton. 2005: 127-39.
10. Kozlovsky AG, Zhelifonova VP, Antipova TV. Penicillium fungi from permafrost: biosynthesis of secondary metabolites, peculiarities of growth and development. In Pokrovsky O. (Ed.) “Permafrost: distribution, composition and impacts on infrastructure and Ecosystems”. CNRS, Toulouse, France and Tomsk State University. Russia. 263-80.
11. Конова И.В., Сергеева Я.Э., Галанина Л.А., Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Озерская С.М. Липогенез грибов Geomyces pannorum при воздействии стрессоров. Микробиология. 2009; 78(1): 52-8.
12. Василенко О.В., Пенин А.А., Логачева М.Д. и др. Анализ экспрессии генов у грибов-экстермофилов Pseudogymnoascus pannorum с использованием RNA-seq для изучения стратегий выживания в неблагоприятных условиях среды. Первая Пущинская школа-конференция «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов». Пущино: ИБФМ РАН. 2014: 132-34.

ГРИБНЫЕ СПОРЫ В ПРИЗЕМНЫХ СЛОЯХ ВОЗДУХА (СЕЗОННАЯ И СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА, РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ, ВЛИЯНИЕ МЕТЕОФАКТОРОВ) НА ПРИМЕРЕ ЮЗАО г. МОСКВЫ

Колосова Е. Д., Марфенина О.Е.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Присутствие микроскопических грибов в воздухе отмечается повсеместно. По современным представлениям, ежегодно в приземные слои воздуха происходит поступление грибных диаспор в объеме от 28 до 50 Tr (Elbert et al., 2007). Предположительно, грибы обладают адаптационными механизмами для распространения в воздухе и эффективному перемещению в воздушной среде, что позволяет грибным диаспорам преодолевать большие расстояния. Грибные аэрозоли могут иметь важное значение при развитии грибных заболеваний человека и растений. Взаимодействие людей с пылевыми частицами, попадающими в воздух из почв, в которых грибы являются доминирующими организмами, происходит постоянно. В развитых странах 20–30% населения страдают аллергическими заболеваниями, как минимум 3–10% этих людей являются чувствительными именно к грибным аллергенам (Crameri et al., 2006).

Аэромикология, изучающая закономерности распространения грибов в воздушной среде, одно из современных направлений микологии окружающей среды и экологии человека. В настоящее время проблемы аэромикологии – активно исследуются во всем мире. Однако присутствие грибных диаспор в воздухе, их распространение и состав, в первую очередь, изучается в воздухе различных помещений с точки зрения оценки опасности грибных спор для здоровья человека. В то же время уровень содержания и разнообразие грибных диаспор в приземных слоях воздуха во внешней среде также может иметь большое значение для экологии человека. Особенно важно исследование этих вопросов в местах концентрации населения, т.е. в городских условиях. Известно, что одним из источников накопления и развития потенциально патогенных и аллергенных грибов в городских условиях могут быть почвы (Марфенина, Фомичева, 2007).

До сих пор явно не достаточно сведений об истинном грибном загрязнении воздушной среды, так как имеющиеся работы выполнены преимущественно при учете грибов из воздуха на питательных средах, что дает заниженные результаты. Значительные методические трудности представляет изучение и качественного состава «грибной пыли», так как выделение на питательные среды анализирует лишь части аэромикоты, а методы молекулярного анализа для пыли пока мало отработаны. Важным вопросом экологии человека является также изучение условий, способствующих очищению воздуха от грибных спор.

Цель исследования – изучение численности, биомассы, размерной и биоморфологической структуры грибного аэропланктона в приземных слоях воздуха в городской среде в разных биотопах (на лесном и травянистых участках). Также оценивалось поступление грибной биомассы из приземного воздуха на поверхность почвы при седиментации и вымывании разными типами осадков (дождем, снегом).

Отбор образцов воздуха проводили в летне-осенний периоды 2012–2014 гг. Как объекты исследования были выбраны площадки с разным растительным покровом: открытая площадка с газонно-злаковой растительностью и лесной участок с доминированием березы. Участки расположены в Ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова на Воробьевых горах (ЮЗАО г. Москвы). Для определения численности грибных диаспор в воздухе пробы воздуха отбирали в чашки Петри аспиратором ПУ-1Б в 3-кратной повторности у поверхности почвы, объем проб составлял 1000 л. Определение седиментации грибных диаспор из воздуха проводили в сезонной и суточной динамике. Пробы отбирали в пустые чашки Петри, которые экспонировалась на поверхности почвы и на высоте 1,5 м. Отбор проб в суточной динамике проводили в течение дня (9.00–20.00) и ночи (20.00–9.00).

Для анализа вымывания культивируемых микроскопических грибов из приземных слоев воздуха дождевыми осадками, отбор воздуха проводили в чашки Петри со средой Чапека в период предшествующий дождю, а затем через каждые полчаса после его выпадения. Общее время отбора проб составляло 2,5–3 ч. Отбор производили аспиратором ПУ-1Б, объем пробы составлял 250 л и проводился в 6-кратной повторности. Затем исследуемые чашки Петри инкубировали при 22 °С, в течение недели. Пробы жидких атмосферных осадков отбирали непосредственно во время дождя в контейнеры объемом 3,0 л. Пробу фильтровали через мембранный фильтр (мембрана Ø 22 мкм). Полученные, смывом с фильтра, образцы наносили на подготовленные для окраски стёкла. Измерение метеорологических данных во время отбора проб проводили прибором МЕТЕОСКОП. Фиксировались значения температуры (*T*, °С), относительной влажности (RH, %), скорости ветра (*V*, м/с), давления (*P*, мм). Также использовали данные предоставленные сотрудниками метеостанции МГУ. Показатели численности и биоморфологической структуры грибного аэропланктона подсчитывали методом люминесцентной микроскопии при окраске калькофлюором белым.

Установлено, что при учете прямым методом уровень содержания грибных диаспор в приземном воздухе отмечается на 3 порядка выше, чем при выделении на питательные среды. Так, численность культивируемых грибов в приземных слоях воздуха в осенний период составляла до сотен КОЕ/м^3. В то же время при определении методом люминесцентной ми-

кроскопии уровень содержания составлял сотни тысяч грибных диаспор на м^3. Наибольшее содержание отмечалось на лесном участке в начале октября и составляло $165 \cdot 10^3 \pm 20 \cdot 10^3$ на м^3, а на открытой площадке отмечался меньший, по сравнению с лесным участком, уровень $99 \cdot 10^3 \pm 9 \cdot 10^3$ на м^3.

Известно, что основными размерными фракциями грибных диаспор, которые могут вызывать аллергические заболевания человека, являются диаспоры размером > 5 мкм. Наибольшее содержание диаспор этих размерных фракций мы отмечали на лесном участке, тогда как на открытой травянистой площадке отмечается большее присутствие мелких спор (рис. 1). Особенности преобладания более крупной фракции спор в лесу может быть связано с развитием на поверхности деревьев ряда эпифитных, например, темноокрашенных грибов.

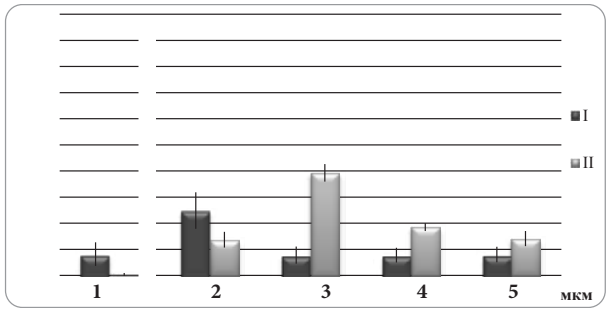


Рис. 1. Размерная структура спор (мкм) в приземном воздухе (I – открытая травянистая площадка, II– лесной участок; 1 – 2,5 мкм, 2 – 5 мкм, 3 –7,5, 4 – 12,5, 5 ≥15 мкм; сент. 2012 г.)

Важнейшими вопросами экологии человека, в связи с грибным загрязнением воздуха, может быть выяснение закономерностей очистки воздуха, которая может происходить при седиментации и вымывании грибных диаспор. Нами была установлена сезонная динамика оседания диаспор и на высоте 1,5 м и у поверхности почвы. Максимум их поступления 4,1±0,4мг/м^2 (до млн спор на м^2) был отмечен на исследованных площадках в августе. В этом месяце часто отмечается максимальная численность грибов в воздухе, как следствие пика развития растительности и метеоусловий (Grinn-Gofron, Mika, 2008; Fang, 2008). В то же время, на лесном участке, в отличие от травянистой площадки, отмечается еще второй пик численности грибных спор в оседающей пыли осенью (в октябре) на высоте 1,5 м. Что может быть связано с началом активного листопада, благодаря которому споры эпифитных грибов попадают в воздух (Shelton et all., 2002).

При статистической обработке результатов, для определения зависимости оседающих грибных диаспор от ряда метеорологических параметров, таких как средняя температура, относительная влажность, средняя скорость ветра, порыв за 10 мин, максимальный порыв ветра за 3 ч прослеживается ряд возможных факторов, влияющих на оседание грибных спор. По нашим предварительным данным основные различия на площадках определялись показателями ветра. На открытой травянистой площадке отсутствие препятствий, может в большей степени определять зависимость осаждения грибных спор на поверхности от скорости ветра. На лесном участке это не выявляется, что может быть обусловлено смягчением воздействия данного фактора, вследствие наличия естественного барьера – деревьев.

В летний (июль, август) и осенний периоды (сентябрь) на исследуемых площадках нами был проведен анализ суточной динамики седиментации грибных диаспор на двух высотах 1,5 м и на поверхности почвы. На лесном участке седиментация преобладала на каждой исследуемой высоте ночью – на поверхность почвы поступало до 1,7±0,3 мг/м^2 грибной биомассы. Днем уровень был меньше и составлял 0,6±0,09 мг/м^2. Следует отметить, что эти отличия были отчетливо выражены на лесном участке, а на газонной площадке суточная динамика не была четко выражена. Биомасса осевших на поверхность почвы спор в дневной и ночной период была близка 1,4±0,3 мг/м^2 и 1,8±0,4. При анализе состава оседающих спор наблюдается преобладание спор мелких размеров (2,5-5 мкм) на обеих площадках в каждом месяце исследования. Мелкие размеры спор 2–5 мкм позволяют им находиться в составе тонкой фракции пыли (Fröhlich-Nowoisky et all, 2009). Большее количество седиментации крупных спор соответствует сентябрю и октябрю, что может быть связано с повышением данной фракции спор в воздухе в результате начала листопадного периода.

Нами показано, что выпадение дождевых осадков является важным фактором очищения приземных слоев воздуха от спор микроскопических грибов. В период исследования в дождевой воде содержание КОЕ составляло до $18 \cdot 10^6 \pm 2 \cdot 10^6$ на м^3. То есть, в дождевых осадках, поступающих на почву, происходит существенная концентрация спор грибов (на три порядка) по сравнению с воздухом. Такой «очищенный» воздух отмечался в течение 1,5–2 ч после дождя, а затем отмечался рост КОЕ до уровня исходного сухого периода (рис. 2). В первую очередь, вымывались крупные (5–7,5 мкм) споры темноокрашенных грибов (рр. *Alternaria, Cladosporium*) (рис. 1), известные как аллергенные для человека (Awad, 2013). Снижение численности некоторых видов микроскопических грибов после дождя отмечались ранее и в работах других исследователей (Li, Kendrick 1994; Magyar et al., 2009).

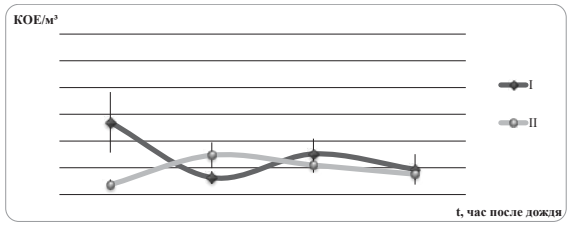


Рис. 2. Изменение численности меланизированных грибных диаспор (КОЕ/м^3) в приземном воздухе до и после дождя (I – темноокрашенные диаспоры, II – непигментированные диаспоры; открытая травянистая площадка, окт. 2012 г.)

Таким образом, уровень грибов в приземных слоях воздуха может составлять сотни тысяч диаспор в куб. метре. Их содержание имеет выраженную сезонную и суточную динамику, которая может отличаться на лесных и открытых травянистых участках. В предварительных исследованиях нами показано очищение приземных слоев воздуха от спор микроскопических грибов, которые расцениваются как аллергенные, путем вымывания дождевыми осадками и при седиментации на поверхность почвы. Дальнейшая разработка проблем аэромикологии необходима в целях изучения и прогноза динамики грибного загрязнения приземного воздуха, что важно для здоровья человека.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-04-02036.

Список литературы

1. Elbert W, Taylor PE, Andreae MO, Poschl U. Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: active discharge of spores, carbohydrates, and inorganic ions by Asco- and Basidiomycota. Atmosph Chem Phys. 2006; 6: 11317–55.
2. Crameri R, Weichel M, Fluckkiger S, Glaser AG, Rhyner C. Fungal allergies: a yet unsolved problem. Chem Immunol Allergy. 2006; 91:121-33.
3. Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека; современные тенденции. Микология сегодня, 2007: 235-66.
4. Grinn-Gofron A, Mika A. Selected airborne allergenic fungal spores and meteorological factors in Szczecin, Poland, 2004–2006. Aerobiologia. 2008; 24: 89-97.
5. Fang Z, Ouyang Z, Zheng H, Wang X. Concentration and size distribution of culturable airborne microorganisms in outdoor environments in Beijing, China. Aerosol Sci Technol. 2008; 42: 325-34.
6. Shelton BG, Kirkland KH, Flanders WD, Morris GK. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. Appl Environ Microbiol. 2002; 68(4): 1743-53.
7. Fröhlich-Nowoisky J, Pickersgill D.A., Després V. High diversity of fungi in air particulate matter. Proc Natl Acad Sci USA. 2009; 106(31): 12814-9.
8. Awad AHA, Gibbs SG, Tarwater P, Green CF. Coarse and fine culturable fungal air concentrations in urban and rural homes in Egypt. Intern J Environ Res Publ Health. 2013; 10: 936-49.
9. Li DW, Kendrick B. Functional relationships between airborne fungal spores and environmental factors in Kitchener-Waterloo, Ontario, as detected by Canonical correspondence analysis. Grana. 1994; 33: 166-76.
10. Magyar D, Frenguelli G, Bricchi E et all. The biodiversity of air spora in an Italian vineyard. Aerobioilogia, 2009; 25: 99-109. doi: 10.1007/s10453-009-9115-9.

ВЛИЯНИЕ СТВОЛОВОЙ ГНИЛИ НА СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH.) В ЛЕСАХ ЗАУРАЛЬЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Колтунов Е.В., Яковлева М.И.
Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

Как известно, одной из важных проблем в лесном хозяйстве Урала являются инфекционные болезни древесного яруса, которые снижают устойчивость древесных растений к различным другим факторам (повреждению насекомыми-вредителями, техногенному загрязнению, воздействию засух). Вследствие многократного порослевого возобновления пораженность гнилевыми болезнями березняков в лесостепи Зауралья очень высока (60–85%) (Колтунов, Залесов, 2009; Колтунов, Залесов, Демчук, 2011). В целом, несмотря на интенсивные исследования в этом направлении, биохимические аспекты взаимодействия в системе: «патоген– растение–хозяин» остаются недостаточно выясненными, т.к. одни авторы отмечают накопление фенольных соединений в зоне некроза, вызванного инокуляцией патогенов, другие – их снижение (Harrison, Dikson, 1993; Witzell, Martin, 2008; Brignolas, Lieutier, Sauvard et al., 1998; Полякова, 2012). Наиболее распространенным подходом в исследованиях является изучение биохимических процессов при искусственной инокуляции патогенов в зоне инокуляции. Ряд авторов отмечает, что некоторые фенольные соединения обладают выраженной фунгицидной активностью (Pausler, Ayer, Hiratsuka, 1995; Nafie, Mazen, 2008).Имеются также единичные сообщения о том, что микозы у здоровых растений сопровождаются активизацией синтеза фенольных соединений, детерминирующих параметры конститутивной резистентности (Holopainen, Heijari, Nerg et al., 2009). Таким образом, в целом имеющиеся данные противоречивы.

Цель исследования – изучение влияния поражения березы повислой стволовыми гнилями на состав и содержание фенольных соединений в листьях.

Материалы и методы. Для хроматографического анализа проводился сбор листьев березы повислой в Каменск-Уральском р-не Свердловской обл. Пробные площади располагались в березняках вблизи пос. «Покровское». Взятие каждой пробы осуществлялось от нескольких деревьев. Затем пробы смешивались для получения средней пробы. Непосредственно перед отбором проб определяли наличие, или отсутствие пораженности дерева стволовыми и корневыми гнилями

с помощью взятия кернов из ствола и 3 корневых лап. Как показали исследования, в припоселковых березовых лесах средний уровень антропогенной трансформации высок (4 стадия) (Колтунов, 2006). Основной источник антропогенного воздействия: рекреационная и пастбищная дигрессия.

Сразу после сбора листья березы высушивали при 600 С, затем размалывали. Непосредственно перед отбором проб определяли наличие, или отсутствие пораженности дерева стволовыми и корневыми гнилями с помощью взятия кернов из ствола и 3 корневых лап. После этого навеску с 2 г. размолотых листьев смешивали с 20 мл 95%-ного этанола. Экстракцию фенольных соединений из листьев березы проводили в обратном холодильнике на водяной бане в течение 30 мин при кипении раствора. После этого суспензию центрифугировали при 10000 g в течение 10 мин. Супернатант фильтровали через фильтр с диаметром пор 0,2 мкм. Хроматографический анализ проводили на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 со спектрофотометрическим УФ-детектором. Детектирование элюента осуществляли одновременно на двух полосах поглощения: 254 и 360 нм на хроматографической колонке PerfectSil Target ODS-35 мкм с обращенной фазой, размерами 250 х 4,6 мм.

Градиентное элюирование проводилось в диапазоне 10–50% со скоростью 1 мл/мин при температуре 400 С. Элюент А – ацетонитрил – 0,05 М фосфатный буферный раствор (pH 3,0); элюент В – ацетонитрил-вода (9:1). Продолжительность хроматографического анализа – 45 мин при 40 °С. Из них от 0 до 30 мин проводилось градиентное элюирование в диапазоне 10–50%, затем в течение 15 мин при концентрации 50%. Для идентификации фенольных соединений использовали вещества-свидетели фирмы: Fluka, Sigma, Aldrich: аскорбиновая к-та, арбутин, бензойная кислота, гиперозид, галловая к-та, гидрохинон, кверцетин, изокверцетин, кафтаровая к-та, рутин, кофейная к-та, феруловая к-та, 3-кофеоилхинная к-та, 4-кофеоилхинная к-та, 5-кофеоилхинная к-та, кемпферол, мирицетин, салицин.

Результаты. Градиентный хроматографический анализ (ВЭЖХ) образцов из листьев березы повислой, взятых как с деревьев, пораженных стволовой гнилью, так и здоровых, позволил выявить 51–54 фенольных соединения. Из общего количества фракций нами идентифицировано 14 фенольных соединений. Список идентифицированных нами фенольных соединений в листьях березы представлен в табл. 1. По химическому составу это были флавоноиды, фенолгликозиды, фенолкарбоновые и гидроксикоричные кислоты.

Для анализа основных, доминирующих тенденций в содержании фенольных соединений в березовых насаждениях, пораженных стволовыми гнилями, нами проведен как тотальный сравнительный количественный попарный анализ основных выявленных при хроматографии пиков, так и сравнительный анализ идентифицированных нами фенольных соединений (табл. 1).

Таблица 1. Влияние стволовой гнили на состав и содержание фенольных соединений в листьях березы повислой.

№ п/п	Наименование	Контроль Поглощение (254 нм), мВ	Стволовая гниль Поглощение (254 нм), мВ	Изменение содержания соединений (в % к контр.)	Соотношение Y 360 нм/ Y 254, нм	ВУ
1	Аскорбиновая к-та	110,09	101,0	-8,18	0,0008	2,64
2	Арбутин	285,0	193,0	-32,28	0,075	3,06
3	Галловая к-та	90,5	237,0	+161,88	0,021	3,6
4	Салицин	58,3	48,0	-17,24	0,0001	4,29
5	Кафтаровая к-та	24,5	12,1	-50,61	0,095	4,003
6	4-кофеоилхинная к-та	29,01	46,0	+36,93	0,30	6,7
7	Рутин	43,0	113,0	+61,95	0,98	9,46
8	5-кофеоилхинная к-та	90,06	143,0	+58,0	0,65	10,0
9	Гиперозид	293,37	177,5	-39,50	0,884	10,93
10	Бензойная к-та	630,0	252,1	-59,98	0,0039	12,5
11	Изокверцетин	39,75	140,0	+252,2	1,00	11,74
12	Мирицетин	22,5	44,2	+96,44	1,04	17,05
13	Кверцетин	6,0	9,1	+51,66	0,97	25,4
14	Кемпферол	21,8	20,5	---	1,22	28,5

Тотальный попарный сравнительный анализ образцов листьев пораженных и контрольных древостоев (пиков с идентичным ВУ и спектральным соотношением (S360 /S254)) убедительно продемонстрировал, что эти образцы значительно отличались между собой (табл. 1). Так, у 35,9% фракций их содержание заметно увеличивалось, у такого же количества уменьшалось, у 28,2% не изменялось. Для более глубокого анализа биохимических механизмов, происходящих в клетках листьев березы в насаждениях, пораженных стволовой гнилью, было целесообразно проанализировать тенденции реакций идентифицированных нами на хроматограммах фенольных соединений, так как функции ряда из них хорошо известны.

Как показали результаты исследований, у 50% идентифицированных нами фенольных соединений их содержание заметно увеличивалось. Это галловая кислота (161,88%), 4-кофеоилхинная кислота (36,93%), рутин (61,95%), 5-кофеоилхинная кислота (58,0%), изокверцетин (252,2%), мирицетин (96,44%) и кверцетин (51,66%). Обращает внимание значительный уровень возрастания активности галловой кислота, изокверцетина и мирицетина. Одновременно снижается уровень активности аскорбиновой кислота, арбутина, салицина, кафтаровой кислота, гиперозида, бензойной кислота. Сравнение полученных нами результатов с имеющимися в литературе не дает положительных результатов, так как нами изучались биохимические изменения на значительной стадии пораженности, когда площадь пораженной древесины превышала 30% по диаметру, тогда как другие авторы изучали чаще биохимический состав после непосредственной инокуляции патогена. Так, синтез таких фенолгликозидов, как арбутин и салицин не активируется, но, в целом общий уровень активности идентифицированных соединений значительно возрастает.

Учитывая то, что большинство идентифицированных нами фенольных соединений являются активными антиоксидантами, можно заключить, что биохимические процессы борьбы с оксидативным стрессом продолжаются и на этой стадии патогенеза, но они значительно не препятствуют развитию стволовых гнилей, хотя и могут замедлять скорость протекания инфекционного процесса. Кроме того, обращает внимание ингибирование синтеза фенолгликозидов (арбутина, салицина) в насаждениях, пораженных стволовыми гнилями, детерминирующих параметры индуцированной энтоморезистентности. Полученные результаты предполагают, что развитие гнилевых болезней у березы повислой может сопровождаться снижением уровня энтоморезистентности. Это хорошо соответствует полученным нами ранее результатам о том, что поражение стволовыми гнилями березы сопровождается заметным снижением энтоморезистентности и возрастанием степени дефолиации крон непарным шелкопрядом, по сравнению со здоровыми деревьями (Колтунов, Клобуков, 2009).

Список литературы

1. Колтунов Е.В., Залесов С.В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной и березы повислой в Нижне-Исетском лесопарке г. Екатеринбурга. Аграрн. вестн. Урала. 2009; 1(55): 73-5.
2. Колтунов Е.В., Залесов С.В., Демчук А.Ю. Корневые и стволовые гнили и состояние Шарташского лесопарка г. Екатеринбурга в условиях различной рекреационной нагрузки. Аграрн. вестн. Урала. 2011; 8: 40-4.
3. Harrison MJ, Dixon RA. Isoflavonoid accumulation and expression of defense gene transcripts during the establishment of vesicular arbuscular mycorrhizal associations in roots of Medicago truncatula. Mol Plant-Microbe Interact. 1993; 6: 643-59.
4. Witzell J, Martin JA. Phenolic metabolites in the resistance of northern forest trees to pathogens-past experiences and future prospects. Can J Forest Res 2008; 38 (11): 2711-27.
5. Brignolas F, Lieutier F, Sauvard D et all. Phenolic predictors for Norway spruce resistance to the bark beetle Ips typographus (Coleoptera: Scolytidae) and an associated fungus, Ceratocystis polonica. Can J For Res. 1998; 28: 720–8.
6. Полякова Г.Г., Физиологические механизмы иммунитета хвойных на примере взаимодействия флоэмы ствола и офиостомовых грибов. Автореф. дисс. ... д.б.н., Красноярск. 2012: 43 с.
7. Pausler M, Ayer WA, Hiratsuka Y. Benzoic acid, salicylic acid, and the role of black galls on aspen in protection against decay. Can J Forest Res. 1995; 25: 1479-83.
8. Nafie E, Mazen M. Chemical induced resistance against brown stem rot in Soybean: The effect of benzothiadiazole. J Appl Sci Res. 2008; 4(12): 2046-64.
9. Holopainen JK, Heijari J, Nerg AM, Vuorinen M, Kainulainen P. Potential for the use of exogenous chemical elicitors in disease and insect pest management of conifer seedling production. Open Forest Sci J. 2009; 2: 17-24.
10. Колтунов Е.В., Непарный шелкопряд в лесах Евразии. Екатеринбург. Изд-во УрО РАН. 2006: 245 с.
11. Колтунов Е.В., Клобуков Г.И. Влияние стволовой гнили на энтоморезистентность березы повислой (Betula pendula) в системе: береза – непарный шелкопряд. Тр. Всерос. н.-практ. конф.: "Макромицеты бореальной зоны". Красноярск. 2009: 113-18.

МИКОФЕНОЛОВАЯ КИСЛОТА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Кононенко Г.П., Буркин А.А.
Всероссийский НИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, Москва

Микофеноловая кислота (МФК) известна широким спектром биологической активности, в котором наиболее значимыми считают избирательное антибактериальное действие и способность ингибировать специфические ферменты при синтезе ДНК в организме теплокровных. С этим связывают ее иммунодепрессивное действие на человека и животных, а также негативные последствия для жвачных из-за нарушения функции микрофлоры рубца при алиментарном пути поступления. Расширение таксономического многообразия микромицетов, способных к биосинтезу этого метаболита, явилось одной из причин повышенного внимания к оценке возможности попадания МФК в объекты окружающей среды. Среди основных источников контаминации называют грибы рода *Penicillium* – *P. stoloniferum, P. brevi-compactum, P. roqueforti*, а также – *Byssochlamys nivea* [1], *Eurotium repens* [2], *Aspergillus pseudoglaucus* и *A. proliferans* [3]. Зарубежными исследователями сообщено об обнаружении МФК в силосованных кормах [4], сырах [5] и в имбире [6].

В данной работе представлены сведения, полученные нами по разным видам объектов в 2007–2014 гг. Сырье, продукцию комбикормовой промышленности, сено, сенаж и силос получали из животноводческих хозяйств европейской части страны, корма для лабораторных животных – из специализированных питомников. Сборы сеяных трав проводили на полях нескольких хозяйств Ленинградской области, луговых трав – в Северной Карелии, Московской, Тверской, Архангельской областях в 2014 г., лишайников – в Северной Карелии, Московской, Тверской, Мурманской, Тюменской, Архангельской областях, на Таймыре и в Якутии в 2010–2012 гг. Образцы сухих кормов для домашних животных, а также напитков брожения разных торговых марок и производителей, были отобраны в торговой сети г. Москвы. Количественное определение МФК выполняли методом непрямого конкурентного иммуноферментного анализа [7].

Группа пищевых продуктов в исследовании была представлена напитками брожения (пиво, квас). В 40 образцах из 42 МФК была выявлена в количествах 0,2–5,0 нг/мл. Столь значительная загрязненность могла быть вызвана неконтролируемым ростом продуцирующих грибов на отдельных этапах технологии их приготовления. По нашим данным, не следует также исключать и риски, связанные с поверхностным плесневением пищевых продуктов. Так, изоляты *P. brevi-compactum* из мицелиально-споровых пленок на плодово-ягодном варенье, хранившемся в холодильнике, оказались сверхактивными продуцентами, образующими МФК в количествах более 10 000 нг/мл агаризованной среды.

Как следует из данных, представленных в табл. на след. стрю, в целом, в основных видах комбикормового сырья (зерно, продукты его переработки жмыхи и шроты), а также в готовых комбикормах для продуктивных, лабораторных и домашних животных, случаев аномально высоких показателей не выявлено.

Однако в ходе обследования встречались и неожиданные ситуации. Так, в длительно хранившемся зерне пшеницы из Якутии концентрации МФК составили 1000 и 1250 мкг/кг, а в одной из проб комбикорма для сельскохозяйственной птицы – 830 мкг/кг. Кроме того, в плотных слежавшихся фракциях кормов (шрота соевого и комбикорма для поросят) содержание МФК достигало 1255 и 5400 мкг/кг, тогда как в сыпучих частях тех же партий оно было незначительным. Уплотненные «комки» комбикорма были интенсивно контаминированы грибами *Penicillium*. Выделенные из них культуры *P. brevi-compactum, P. cyclopium, P. corymbiferum, P. urticae, P. viridicatum* при тестировании на питательной среде (сусло-агар, 23 °С, 7 сут) все без исключения были способны продуцировать МФК в количествах более 30 000 нг/мл среды.

Изоляты *Aspergillus* Glaucus Group из слежавшейся части соевого шрота в тех же условиях образовывали МФК от 95 000 нг/мл и выше. Таким образом, для основных объектов кормового назначения (зерно, семена масличных культур и продукты их переработки) состояние загрязненности МФК не является критическим, но его обострение может наступать в случаях порчи продукции при хранении или транспортировке в ненадлежащих условиях.

В вегетирующих травостоях злаковых и бобовых культур, предназначенных на кормовые цели, независимо от условий выращивания (естественная непрерывная вегетация или укосное использование) контаминация МФК оказалась вполне умеренной (табл.). Однако в ходе консервирования зеленой массы (высушивания, сенажирования и силосования) было отмечено значительное возрастание частоты обнаружения и содержания МФК, особенно в сене.

Ухудшение показателей, сопровождающее заготовку зеленых растений, представляет серьезную проблему, но его причины вполне объяснимы. При силосовании и сенажировании анаэробные условия благоприятны для роста по меньшей мере двух активно продуцирующих МФК микроаэрофильных микромицетов – *P. roqueforti* и *B. nivea*, а при продолжительном напочвенном высушивании растений с резкими колебаниями ночных и дневных температур, освещенности и влажности возможна активация развития грибов *Penicillium* и *Aspergillus*. Действительно, *P. roqueforti* и *B. nivea*, выделенные из силосованных кормов, при тестировании имели 100% потенциал токсинообразования с интенсивностью от 200 до 20 000 нг/мл, при этом доля высоко активных продуцентов, достигала 1/3 от общего их числа.

Таблица. Встречаемость и уровни накопления МФК в различных объектах.

Объект	n+/n	Содержание, мин. – макс., мкг/кг
Комбикормовое сырье: зерно пшеницы	3/55	35–80
зерно ячменя	2/37	90, 115
зерно кукурузы	4/21	32–630
горох	0/10	–
отруби пшеничные	0/7	–
глютен кукурузный	2/7	50, 69
жмых и шрот подсолнечный	3/17	37–120
шрот соевый	0/26	–
Полнорационные комбикорма: для свиней и птицы	116/1002	20–270
для крыс, мышей, хомяков	0/22	–
для кроликов, морских свинок	5/10	20–64
Сухие кормосмеси: для кошек	2/66	25, 42
для собак	1/49	24
Кормовые травы: сеяные	54/99	14–84
луговые дикорастущие	160/361	10–170
Консервированные травяные корма: сено	105/120	15–10 000
сенаж	98/102	15–1760
силос кукурузный	57/60	15–1950
силос разнотравный	58/60	23–3800
Ягели: *Cladonia arbuscula*	53/53	40–410
C. mitis	34/35	28–200
C. rangiferina	63/73	23–160
C. stellaris	141/153	28–630
Cetraria islandica	83/95	20–165
Flavocetraria nivalis	52/52	35–285

Расширенное обследование лишайников – уникальных функционально однородных симбионтов гриба и водорослей и (или) цианобактерий – имело большое значение не только в связи с их кормовой ценностью, но и необходимостью поиска природных источников МФК. В настоящее время на ее основе выпускают фармацевтический препарат, широко используемый в хирургии при трансплантациях органов и тканей.

Согласно полученным результатам, в лишайниках группы ягелей (*Cladonia, Cetraria, Flavocetraria*), являющихся единственным зимним кормом для северных оленей, контаминация МФК близка к повсеместной с предельно возможным накоплением до 630 мкг/кг.

В лишайниках рода *Peltigera* количество МФК не превышало 70 нг/г, а у других (*Melanelia, Melanohalea, Platismatia, Pseudevernia, Usnea, Vulpicida, Xanthoria*) было сопоставимо с найденным у ягелей. Тем не менее многие лишайники содержали МФК в количествах более 1000 нг/г (*Alectoria, Arctoparmelia, Bryoria, Evernia, Parmelia, Ramalina, Thamnolia, Umbilicaria*), а максимальные значения, обнаруженные у *Hypogymnia physodes* и *Nephroma arcticum*, могли достигать 7900 и 5010 нг/г, соответственно. Таким образом, эти два широко распространенных вида лишайников можно считать наиболее перспективными биологическими объектами для получения МФК.

Кроме того, многие лишайники в виде измельченных фрагментов или экстрактов слоевищ до сих пор нередко рекомендуют в качестве профилактических средств в диетологии и косметологии. Для исключения негативного действия таких биопрепаратов не-

обходимо учитывать степень их контаминации этим микотоксином с выраженной иммунотропной активностью.

Список литературы

1. Puel O, Tadrist S, Galtier P et all. Byssochlamys nivea as a source of mycophenolic acid. Appl Environ Microbiol. 2005; 71(1): 550–3.
2. Seguin V, Gente S, Heutte N et al. First report of mycophenolic acid production by Eurotium repens isolated from agricultural and indoor environments. Mycotoxin J. 2014; 7(3): 321–8.
3. Кононенко Г.П., Буркин А.А. О контаминации микотоксинами партий сена в животноводческих хозяйствах. Сельскохоз. биол. 2014; 4: 120–6.
4. Schneweis I, Meyer K, Hörmansdorfer S, Bauer J. Mycophenolic acid in silage. Appl Environ Microbiol. 2000; 66(8): 3639–41.
5. Fontaine K, Passery E, Vallone L et all. Occurrence of roquefortine C, mycophenolic acid and aflatoxin M1 mycotoxins in blue-veined cheeses. Food Control. 2015; 47: 634–40.
6. Overi DP, Frisvad JC. Mycotoxin production and post-harvest storage rot of ginger (Zingiber officinale) by Penicillium brevicompactum. J Food Protect. 2005; 68(3): 607-9.
7. Буркин А.А., Кононенко Г.П. Продуценты микофеноловой кислоты в силосованных и зерновых кормах. Прикл. биохим. микробиол. 2010; 46(5): 592–8.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МИКОБИОТЫ ПОДЛЕДНОЙ МОРСКОЙ ВОДЫ БЕЛОГО МОРЯ МЕТОДОМ МЕТАГЕНОМНОГО АНАЛИЗА

Коновалова О.П.[1], Белевич Т.А.[2], Логачева М.Д.[3], Милютина И.А.[3], Горюнов Д.В.[3]
[1]Беломорская биологическая станция имени Н.А. Перцова, МГУ им. М.В. Ломоносова
[2]Кафедра гидробиологии биологического факультета МГУ, Москва
[3]НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского МГУ, Москва

Морские микроорганизмы могут быть захвачены льдом в толщу и находиться там в виде покоящихся стадий или активно вегетировать (Eiken, 2003). Разнообразие прокариот во льдах Арктики уже становилось объектом изучения микробиологов (Mock, Thomas, 2005), сведения же об эукариотических сообществах пока что скудны, из-за присутствия множества некультивируемых видов. Абиотические условия в Белом море такие как: ледовый покров в течение продолжительного периода времени, низкая освещенность и наличие полярной ночи в зимний период, характеризуют его рядом черт, свойственным арктическим морям. В последние годы доминирующим методом изучения биоразнообразия подобных экосистем становятся молекулярные методы, основанные на ПЦР – так называемая метагеномика, секвенирование библиотек ампликонов, полученных методом клонирования, или напрямую после ПЦР с тотальным природным образцом ДНК (Eddie at all, 2010).

Для оценки видового разнообразия эукариот была отобрана проба подледной воды в Ругозерской губе Кандалакшского залива Белого моря в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ (66.552884 с.ш., 33.113791 в.д.) в марте 2013 г. Исходной целью работы было исследование состава пикофитопланктона (Белевич и др, Ильяш, Милютина, 2014). Пробу воды объемом 10 л предварительно профильтровывали через ядерные фильтры с диаметром пор 3 мкм (г. Дубна) для удаления микропланктона. Полученный фильтрат пропускали через юнит Sterivex (Millipore, Durapore) с диаметром пор 0,2 мкм, юнит заполняли лизирующим буфером, замораживали и хранили в жидком азоте до дальнейшего анализа. Для экстракции ДНК использовали набор «Nucleospin Plant» (Macherey-Nagel, Germany). Для анализа таксономического состава эукариот лучше всего подходят вариабельные области V4 и V9 гена 18S рРНК (Van de Peer et al., 1997; Wuyts et all, 2000).

Амплификация была проведена с двумя парами праймеров на область V4 гена 18S рРНК:

1-я пара – EuF-V4 5'-CCAGCASCCGCGGTAATWCC-3'
и EuR-V4 5'-GTTTCAGMCTTGYGWCCATACT-3';

2-я пара – EuF-V4
и picoR2 - 5'-AKCCCCYAACTTTCGTTCTTGAT-3'

(специфичный для эукариотических групп пикофитопланктона).

В результате амплификации были получены ПЦР-продукты длиной не более 500 п. н. Они были прочитаны с помощью технологии NGS на секвенаторе Illumina MiSeq (лаборатория эволюционной геномики ФББ МГУ им. М.В. Ломоносова).

Дальнейшая обработка полученных прочтений (оценка качества, удаление адаптеров) была проведена с использованием программ FastQC и Trimmomatic-0.32. После склеивания прямых и обратных прочтений оказалось, что при использовании 1-й пары праймеров не все риды перекрылись. Размер неперекрывающегося участка составил от 50 до 80 нуклеотидов. Прочтения, полученные со 2-й парой праймеров, успешно перекрылись. Полученные последовательности были отосланы в базу данных SILVA, где они были проанализированы с использованием пакета программ SILVAngs 1.2 (Quast et al., 2013).

Из 2-х образцов было получено 41464 и 24533 последовательностей, относящихся к 7422 и 3062 OTE (операционных таксономических единиц) соответственно. Неидентифицированных последовательностей оказалось 963 (2,32%) и 1928 (7,96%). Из класте-

Таблица 1. Количество обнаруженных грибных ОТЕ.
Указаны идентифицированные таксоны, т.е. для семейств Insertae sedis порядки не приводятся.

Таксон	Количество ОТЕ в образце 1 (в скобках образце –2)	Роды грибов
Chytridiomycota Chytrydiales Lobulomycetales Rhyzophidiales Rhizophlictidales Spizellomycetales	762 (290) 729 (164) 3 (4) 21 (72) 2 (7) 2 (6)	*Chytridium* *Rosella*
Zygomycota Enthomophtorales Mucorales Mortierellales	3(4) - (2) 3 (-) - (2)	*Absidia* *Actinomucor* *Enthomophtora* *Pilaira*
Glomerulomycota Diversisporales	2 (-) 2 (-)	*Scutellospora*
Ascomycota Saccharomycetales Eurotiales Mycocaliciales Chaetothyriales Hypocreales Plectosphaerellaceae Capnodiales Dothideales Pleosporales Botryospheriales Pezizales Lecanorales Helotiales Arthoniomycetes	128 (8) 15 (7) 36 (1) 3 (-) 2 (-) 20 (-) 3 (-) 31 (-) 3 (-) 2 (-) 1 (-) 4 (-) 3 (-) 1 (-) 1 (-)	*Acremonium* *Aspergillus* *Byssochlamys* *Candida* *Evernia* *Graphiopsis* *Hamigera* *Hormonema* *Hyponectria* *Lecania* *Lecophagus* *Lodderomyces* *Mycosphaerella* *Myxozyma* *Otidea* *Pseudoallescheria* *Sphinctrina* *Stachybotris* *Verticillium*
Basidiomycota Cantharellales Tremellales Filobasidiaceacea Cystofilobasidiaceae Agaricales Polyporales Sporidiobolales Malasseziales	92 (3) 9 (1) 22 (2) 12 (-) 2 (-) 4 (-) 3 (-) 3 (-) 20 (-)	*Athelia* *Auricularia* *Cylindrobasidium* *Dioszegia* *Fellomyces* *Lentinula* *Malassezia* *Meripilus* *Mrakiella* *Rhodocollybia* *Rhodotorula* *Sistotrema* *Thanatephorus* *Trichaptum* *Tricholoma* *Trichosporon* *Veluticeps* *Wallemia*
Неидентифицированные ниже класса грибные ОТЕ	26 (77)	

ризованных ОТЕ грибов (Fungi) было 993 (3% от всего количества ОТЕ) и 345 (1%).

Самым важным результатом следует считать то, что подавляющее большинство грибных ОТЕ принадлежит к хитридиомицетам, которые сложно обнаружить с помощью культуральных методов (табл. 1). В окрестностях ББС уже были отмечены многие виды порядков Chytridiales, Rhyzophidiales и Spizellomycetales (и виды, сейчас включаемые в порядок Rhizophlictidales) с большим количеством родов, чем показало настоящее исследование (Кузнецов, 2003). Порядок Lobulomycetales, описанный в 2009 г., соответственно, ранее в Белом море обнаружен не был, т. к. после 2003 г. ни одной работы по хитридиевым грибам не проводилось.

Род Rozella, в базе данных 18S последовательностей SILVA относящийся к порядку Spizellomycetales, на самом деле является базовым для всех грибов. Виды этого рода – внутриклеточные паразиты Chytridiomycota и Dikarya. Было отмечено 4 ОТЕ этого рода, впервые для Белого моря.

Из отделов Ascomycota и Basidiomycota (табл. 1) не обнаружено ни одного специфического морского таксона. Возможно, частично это связано с тем, что аскоспоры и конидии облигатных морских грибов отфильтровались при первичной обработке образцов.

Второй вероятный вариант, что морские облигатные и факультативные грибы, легко обнаруживающиеся при микроскопировании образцов и культуральных посевах в другое время года (Кузнецов, 2003; Коновалова, Бубнова, Сидорова, 2012), не спорулируют во время ледового покрова. Есть вероятность, что только среди порядка Capnodiales, который содержит род Mycosphaerella с 20 отмеченными ОТЕ, могут быть морские представители этого рода.

Третья версия: образцы были отобраны в месте сильного пресного стока и непосредственной близости сточных вод с берега, поэтому в списке родов присутствуют роды, характерные для микофлоры человека (Malassezia), термофильные (Byssochlamys, Myxozyma), наземные базидиомицеты и другие заносные группы, которые не способны расти в холодном море.

В заключение стоит отметить, что для изучения подробного биоразнообразия грибов (и любых других групп) методами метагеномики необходимо фокусироваться на конкретных таксонах с помощью специфических праймеров. Тем не менее, этот метод подходит для оценки разнообразия организмов в тех случаях, когда классические подходы неприменимы.

Список литературы

1. Eicken H. From the microscopic, to the macroscopic, to the regional scale, in Sea Ice – An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology. eds DN Thomas & GS Dieckmann (Oxford: Blackwell Publishing). 2003: 22-81.
2. Mock T, Thomas DN. Recent advances in sea-ice microbilogy. Environ Microbiol. 2005; 7: 605-19.
3. Eddie B, Juhl A, Krembs C, Baysinger C, Neuer, S. Effect of environmental variables on eukaryotic microbial community structure of land-fast Arctic sea ice. Environ Microbiol. 2007; 12: 797-809.
4. Белевич Т.А., Ильяш Л.В., Милютина И.А. Первые сведения о видовом составе пикопланктона Белого моря, полученные на основе молекулярно-генетических методов. Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге. В Сб. мат. докл. III Межд. научн. конф..и, 24-29 авг. 2014 г. Инст. биол. внутр. вод им. И.Д. Папанина, Ярославль. 2014: 10-11.
5. Van de Peer Y, Jansen J, De Rijk P, De Wachter R. Database on the structure of small ribosomal subunit RNA. Nucleic Acids Research, 1997, 25, 111–116.
6. Wuyts J, De Rijk P, Van de Peer Y et all. Comparative analysis of more than 3000 sequences reveals the existence of two pseudoknots in area V4 of eukaryotic small subunit ribosomal RNA. Nucl Acids Res. 2000; 28(23): 4698-708.
7. Quast C, Pruesse E, Yilmaz P et all. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. Nucl Acids Res. 2013; 41(D): 590-96.
8. Кузнецов Е.А. Грибы водных экосистем. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ. 2003: 483 с.
9. Коновалова О.П., Бубнова Е.Н., Сидорова И.И. Биология Stigmidium ascophylli – гриба-симбионта фукусовых водорослей в Кандалакшском заливе Белого моря. Микол. фитопатол. 2012; 46(6): 353-60.

МИКОБИОТА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЯ ЗАКРЫТОГО БАССЕЙНА С ДЕЛЬФИНАМИ АФАЛИНАМИ (*TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS* BARABASCH-NIKIFOROV, 1940)

Копытина Н.И., Андреева Н.А.
Национальная академия микологии

При содержании в неволе непривычные условия существования и контакт с человеком обычно вызывают у дельфинов изменение иммунного статуса организма, что способствует возникновению заболеваний, вызываемых различными микроорганизмами. Особую роль здесь играют микроскопические грибы. В перечне требований к параметрам воздушной среды в «Европейских правилах и нормах содержания дельфинов в искусственно созданной среде и при полувольном содержании» (Европейские правила…) не указана норма численности микромицетов в воздухе. В целом, в мировой практике пока также отсутствуют четкие

критерии безопасного уровня потенциально патогенных грибов в среде обитания человека. В воздухе жилых помещений предлагается порог содержания грибов меньше и равный 500 КОЕ·м-3 (Марфенина, Фомичева, 2007). В «Инструкции по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных» указано, что воздух предприятия считается чистым, если на чашке с микробиологической средой вырастает до 20 колоний грибов (в пересчете на 1 м3 ≈ 1600 КОЕ) (Инструкция по санитарно-микробиологическому…).

Данные о видовом составе и количестве микроскопических грибов в воздухе помещения бассейна необходимы для профилактики заболеваний дельфинов и пациентов, принимающих лечебные сеансы дельфинотерапии. В качестве санитарно-микробиологической нормы нами была принята «Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства…».

Цель работы – изучить видовой состав микромицетов и динамику их численности в воздухе помещения закрытого бассейна, в котором содержались 3 дельфина и проводились сеансы дельфинотерапии, дать санитарно-микологическую оценку воздуха в помещении бассейна.

Изучали воздух закрытого бассейна с морской хлорированной водой в Крыму. Помещение бассейна было снабжено системой принудительной вентиляции, температура воздуха составляла 23–25 °С, влажность – до 65 %. Численность микромицетов определяли седиментационным методом Коха. Исследования проводили в течение двух сезонов: октябре 2011 – мае 2012 гг. и октябре 2012 – мае 2013 гг. Отбор проб осуществляли два раза в месяц (всего 30 съемок). В работе использовали чашки Петри с плотными средами: мясо-пептонным агаром (МПА), агаром Чапека-Докса (ЧДА) и агаром Сабуро (по 2 повторности). Было исследовано 180 проб воздуха. Чашки со средами устанавливали в 3-х местах помещения и оставляли открытыми в течение 20 мин. Материал инкубировали при комнатной температуре 22 – 25°С в течение 5 – 15 дней. Численность колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 м3 рассчитывали по формуле В.Л. Омелянского (Инструкция по микробиологическому и биологическому контролю в аптеках).

Идентификацию микромицетов проводили по определителям Саттон Д., Фотергил А., Ринальди М. (2000), De Hoog G.S., Guarro J., Gene J. et al. (2000) и другим. Систематические названия грибов сверены с международной электронной базой данных по микологии Index Fungorum (http:.www.indexfungorum.org/).

В процессе работы идентифицировано 76 видов микромицетов из 24 родов, 13 семейств, 7 классов, принадлежащих к отделам Ascomycota и Zygomycota. Группа не идентифицированных таксонов составила около 10% материала. В составе микобиоты доминировали представители родов *Aspergillus* (16), *Penicillium* (10) и *Cladosporium* (7). Данная закономерность отмечена и при исследовании воздуха жилых и нежилых помещений (Марфенина, Фомичева, 2007; Кирцидели, Богомолова, 2007).

По частоте встречаемости микромицеты отнесены к двум категориям: «случайные» – *Acremonium* sp. – 23,7%, *Geotrichum candidum* Link 1809 – 22,4%, *Rhodotorula* spp. – 21,1%, *Cladosporium* sp. – 17,1%, *Aspergillus* spp. – 15,8%, *Trichosporon* sp. – 15,8%, *Acremonium kiliense* Grütz 1925 – 14,5%, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. 1912 – 14,5 %, *Alt. chlamydospora* Mouch. 1973 – 14,5 5%, *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries 1952 – 14,2%, *Emmonsia* sp. – 14,5% и «единичные» – все остальные.

В воздухе помещения бассейна выявлены 19,74% (15) видов потенциально патогенных микромицетов из группы риска BSL-2, суммарная частота встречаемости которых составила 12,9%. Чаще встречались *Rhodotorula* sp., *A. kiliense*, *Cladophialophora boppii* (Borelli) de Hoog, Kwon-Chung & McGinnis 1995, *Aspergillus flavus* Link 1809, *Cladophialophora modesta* McGinnis, de Hoog & Haase 1999. Кроме того, аллергические заболевания вызывают и некоторые микромицеты из группы риска BSL-1 (виды из родов *Alternaria, Aspergillus, Cladosporium* и др.), поэтому авторы также учитывали таксоны, известные как оппортунистические.

В течение сезонов 2011 – 2012 гг. и 2012 – 2013 гг. обнаружено 55 и 50 видов, соответственно, 33 из которых были общими. В 2011 – 2012 гг. были выделены 37 видов оппортунистических грибов, в сезоне 2012 – 2013 гг. – 29 видов. Средняя численность колоний грибов по сезонам составляла – 1780 ± 326 и 1662 ± 193 КОЕ/м^3. Превышение нормы численности грибов зафиксированы в 53,3% съемок (9 раз в период 2011 – 2012 гг. превышение КОЕ в 1,7 – 2,3 раза; 7 раз – в 20012 – 2013 гг., численность выше в 1,2 – 1,8 раз). Наибольшее количество видов и наибольшая численность грибов были отмечены в январе – марте обоих сезонов: от 13 до 30 видов и от 1900 до 3760 КОЕ/м^3.

В таксономическом составе микобиоты каждого месяца количество оппортунистических видов составляло 50,0 – 92,0%, а их численность достигала 40,0 – 81,0%. Считается, что в случаях, когда число оппортунистических видов превышает 30% от видового состава, а их частота встречаемости более 20% (от общей, принятой за 100%), необходим микологический контроль над состоянием экосистемы (Марфенина, 2005).

Сходство структуры микокомплексов сезонов по видовому составу и численности (индекс Брей-Кертиса) было 61,7%.

Анализ структуры микокомплексов, выявленных на различных средах, показал, что число видов колебалось от 40 до 55 (табл. 1). Сходство структуры комплексов грибов на средах варьировало от 52,6% (МПА – Чапека, общих видов – 34, из них оппортунистических – 30) до 60,0% (Сабуро – МПА, общих видов – 23, оппортунистических – 16).

20 видов микромицетов выделены трех средах, на одной из сред культивированы виды:

Сабуро – *Candida albicans* (BSL-2), *Ctenomyces serratus* Eidam 1880 (BSL-1), *Penicillium expansum* Link 1809 (BSL-1);

Чапека – *Acremonium hyalinulum* (Sacc.) W. Gams 1971 (BSL-1), A. spinosum (Negroni) W. Gams 1971 (BSL-1), *Aspergillus candidus* Link 1809 (BSL-1), Asp.

Таблица 1. Число видов и средняя численность микроорганизмов на различных микробиологических средах.

Среда	Общее число видов грибов, кол/чаш.	Общая средняя численность грибов, КОЕ/м^3	Число оппортунистических видов грибов, кол/чаш.	Средняя численность оппортунистических грибов, КОЕ/м^3
Сабуро	40	2083 ± 673	33	1207 ± 232
МПА	46	1580 ± 617	37	1057 ± 285
ЧДА	55	1470 ± 479	46	1076 ± 139

sclerotiorum G.A. Huber 1933 (BSL-1), C*ladosporium herbarum* (Pers.) Link 1816 (BSL-1), *C. oxysporum* Berk. & M.A. Curtis 1868 (BSL-1), *C. ramotenellum* K. Schub., Zalar, Crous & U. Braun 2007 (BSL-1), *Penicillium citrinum* Thom 1910 (BSL-1);

МПА – *Aspergillus flavus* (BSL-2), *Asp. japonicas* Saito 1906 (BSL-1), *Asp. oryzae* (BSL-1), *Cladophialophora modesta* (BSL-2), *Stemphylium sarciniforme* (Cavara) Wiltshire 1938 (BSL-1), S. herbarum E.G. Simmons 1986 (BSL-1).

Таким образом, среда Сабуро позволяет выявить максимальную численность микромицетов в воздухе помещения, а среда Чапека-Докса – их наиболее полный видовой состав. Полученные результаты свидетельствуют о неудовлетворительном санитарно-микологическом качестве воздуха в помещении бассейна.

Список литературы

1. Европейские правила и норма содержания дельфинов в искусственно созданной среде и при полувольном содержании» (http:.www.delfinariy.info/2009/11/blog-post_20.html)
2. Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. Потенциально патогенные грибы в среде обитания человека (Анализ современных данных). Усп. мед. микол. 2007; 9: 57-9.
3. Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных (Утв. Минздравом СССР 22.02.1991 №5319-91, Минрыбхозом СССР 18.11.1990) (http: .pravo.levonevsky.org/baza/soviet/sssr0422.htm)
4. Инструкция по микробиологическому и биологическому контролю в аптеках (http:.apteka.uz/regulirovanie_deyatelnosti_aptechnyh_uchrejdeniy_realizaciya_lek_sredstv_i_inyh_med_tovarov/instrukciya_po_mikrobiologicheskomu_i_bio-logicheskomu_kontrolyu_v_aptekah)
5. Саттон Д., Фотергил А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир. 2001: 468 с.
6. De Hoog GS, Guarro J, Gene J, Figueras MJ. Atlas of clinical fungi. 2nd edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures. 2000: 1126 p.
7. Index Fungorum (http:.www.indexfungorum.org/).
8. Кирцидели И.Ю., Богомолова Е.В. Аэромикологические исследования некоторых музейных помещений Санкт-Петербурга. Усп. мед. микол. 2007; 9: 51-3.
9. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: «Медицина для всех». 2005: 195 с.

БИОДИНАМИКА ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПРИДОРОЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ.

Корецкая И.И., Свистова И.Д.

Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж

На долю автотранспортного загрязнения в России приходится более 80 % вредных выбросов в атмосферу. В отработанных газах двигателей внутреннего сгорания содержатся оксиды углерода, азота и серы, канцерогенные углеводороды (бензапирен), тяжелые металлы, а также масла и сажа. Основная масса газовых выбросов оседает на расстоянии до 30 м от полотна дороги [1]. Для защиты от газовых выбросов используют лесополосы.

При строительстве автотрасс меняется рельеф местности, трансформируется почвенный покров. Техногенно измененные почвы вблизи полотна дороги существенно отличаются от естественных почв: они формируются на насыпных грунтах, переуплотнены, содержат включения строительных материалов (щебня, песка, битума). Аэрозольные выбросы углеводородов приводят к образованию гидрофобной пленки на поверхности почвы, в результате снижается промачивание почвы водой. В процессе эксплуатации дорог в зимний период их посыпают антигололедными смесями, смывание которых талыми и дождевыми водами ведет к нарушению состава почвенно-поглощающего комплекса. В результате техногенно измененные почвы вблизи крупных автотрасс имеют нарушенный гранулометрический состав, физико-химические свойства, водно-воздушный режим.

Чувствительным показателем контроля за состоянием придорожных экосистем является биомониторинг почвы [2]. Для ранней диагностики негативных нарушений функционирования почвы используют разные группы почвенных микроорганизмов [3, 4], в том числе могут использоваться и микромицеты [5]. Данных по изменению численности и состава почвенных микромицетов в зоне влияния крупных автотрасс крайне мало, не учитывается уровень загрязнения, тип почвы, тип придорожных экосистем (открытая, лесомелиоративная или закрытая).

Целью работы являлось изучение влияния автомагистрали федерального значения М4 "Дон" на численность и видовой состав почвенных микромицетов.

Пробы почвы отбирали из слоя 0–20 см на различных участках автотрассы федерального значения М4 "Дон" (425, 492, 507 км) в открытых придорожных экосистемах (ПАЭС) на расстоянии 10, 50 и 100 м от полотна дороги и в закрытых ПАЭС на расстоянии 10 и 30 м (перед и за лесополосой). Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Среднесуточная интенсивность движения автотранспорта составляет 6–10 тыс автомобилей в сутки. Содержание ТМ определяли атомно-абсорбционным методом.

Численность и частоту встречаемости грибов определяли методом посева на среде Чапека, видовой состав – по соответствующим определителям для разных классов. Все микробиологические показатели определяли в динамике по сезону в течение 3-х лет.

В табл. 1 представлены данные по загрязнению почвы тяжелыми металлами (ТМ) в разных типах ПАЭС на разном расстоянии от автомагистрали. Оновными загрязняющими ингредиентами являются Pb, Cd и Mn, содержание которых в 10-метровой зоне чернозема превышает ПДК. В открытых ПАЭС почва на удалении более 50 м от полотна дороги по содержанию нефтепродуктов и величине суммарного показателя загрязнения тяжелыми металлами относится к категории слабозагрязненной, на расстоянии 10 м – к среднезагрязненной. В закрытых ПАЭС содержание ТМ у полотна дороги оказалось выше, что указывает на экранирующий эффект лесополосы, задерживающей распространение ТМ. За лесополосой уже на расстоянии 30 м от полотна дороги содержание ТМ было ниже, чем на расстоянии 100 м в открытых ПАЭС.

Микромицеты являются чувствительной к автотранспортному загрязнению группой почвенных микроорганизмов. В открытых ПАЭС в непосредственной близости от полотна дороги численность почвенных грибов снижалась в 3 раза по сравнению с почвой на расстоянии 100 м (контроль). На расстоянии 50 м количество грибных зачатков от автотрассы количество грибных зачатков достигало только 50% от контроля. Диапазон варьирования численности почвенных грибов также снижался вблизи полотна дороги.

В закрытых ПАЭС у полотна дороги численность грибов оказалась на 25% ниже, чем на том же расстоянии в открытых ПАЭС. Вероятно, это определяется экранирующим эффектом лесополосы и накоплением в почве ТМ. Непосредственно за лесополосой численность микромицетов в почве соответствовала контрольному уровню.

В близи автотрассы выявлено нарушение сезонной динамики почвенных микромицетов. В контроле численность возрастает в течение всего сезона до осени, на расстоянии до 50 м в открытых ПАЭС и 10 м в закрытых ПАЭС наибольшая численность отмечается в июле.

Таблица 1. Содержание ТМ (подвижные формы) в почве на разном расстоянии от полотна дороги.

Расстояние, м	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd	Co	Mo	Cr
Открытые ПАЭС								
10	0,8	6,2	21,3	7,5	0,5	0,9	3,8	0,4
50	0,5	4,0	8,6	3,8	0,5	0,9	3,3	0,4
100	0,4	3,0	8,4	2,6	0,4	0,6	2,7	0,3
Закрытые ПАЭС								
10	0,7	6,3	23,2	8,6	0,5	2,0	4,4	0,6
30	0,3	2,3	5,8	3,7	0,4	1,0	2,7	0,3
ПДК	3	23	20	6	<0,1	5	5	6

Под влиянием нарушения и загрязнения почвы меняется видовой состав почвенных грибов. Ряд видов микромицетов встречается в контроле, но не выделяется из почвы вблизи полотна дороги, для некоторых видов снижается частота встречаемости.

Такие виды мы отнесли к группе чувствительных к автотранспортной нагрузке. К ним относятся виды, типичные для целинного чернозема лесостепной зоны европейской части России (табл. 3).

Ряд видов почвенных грибов отнесены нами к группе устойчивых к автотранспортной нагрузке, т.к. частота их встречаемости не меняется в зависимости от расстояния до трассы. Это эвритопные виды, которые характерны для различных почвенно-климатических зон.

Для ряда видов отмечено возрастание частоты встречаемости в техногенно измененной почве по сравнению с контрольной. Эти виды обозначены нами как индикаторные на автотранспортную нагрузку.

Табл. 2. Численность микромицетов в динамике по сезону на разном расстоянии от полотна дороги (числитель – min-max знач., знаменатель – сред знач).

Расстояние, м	июнь	июль	сентябрь
Открытые ПАЭС			
10	1-17 6,3	1-20 9,1	1-36 12,5
50	1-26 13,9	1-43 13,6	4-48 15,3
100	4-38 18,2	12-65 26,5	7-74 37,3
Закрытые ПАЭС			
10	1-20 7,3	1-16 6,9	1-30 11,5
30	1-40 20,1	10-53 29,5	10-70 34,2

Табл. 3. Экологические группы видов почвенных микромицетов по отношению к автотранспортной нагрузке.

Группы видов	Видовой состав
Чувствительные	*Acremonium sp., Cephalosporium alternatum, Paecilomyces lilacinum, Rhizopus stolonifer*
Устойчивые	*Penicilliun tardum, P. simplicissimus, P. expansum, P. notatum, Trichoderma koningii, Humicola grisea, Alternaria alternata*
Индикаторные	*P. funiculosum, P. rubrum, Aspergillus terreus, A. ochraceus, Talaromyces flavus, Botryotrychum piluliferum, Stachybotrys chartarum*

Интересно, что ранее нами показано, что эти виды накапливаются также и в транспортных зонах города Воронежа [6].

Таким образом, многолетний микробиологический мониторинг почвы в зоне влияния автомагистрали федерального значения М4 "Дон" позволил выявить значительные нарушения численности и состава комплекса микромицетов. В дальнейшем это может привести к утрате экологических функций почвы. Стрессовая реакция обнаружена нами для комплекса микромицетов наиболее устойчивых почв (черноземов) среднего уровня загрязнения, что указывает на чувствительность микробиоиндикации для экологических исследований.

В качестве параметров микробиомониторинга черноземной почвы, подверженной автотранспортной нагрузке, предлагается определение снижения численности и ее варьирования, нарушение сезонной динамики и изменение частот встречаемости чувствительных и индикаторных видов микромицетов. Причины сукцессии микромицетов в техногенно измененной почве требуют дополнительных исследований.

Список литературы

1. Щербаков А.П., Свистова И.Д., Джуверикян Х.А. Биомониторинг загрязнения почвы газовыми выбросами автотранспорта. Экол. промышл. России. 2001; 3: 26-9.
2. Свистова И.Д., Корецкая И.И., Щербаков А.П. Стрессовая реакция мицелиальных микроорганизмов чернозема на автотранспортное загрязнение. Чтения памяти проф. В.В. Станчинского. Мат. VII Межд. конф. Смоленск. 2004: 758-62.
3. Свистова И.Д., Щербаков А.П. Экологически-опасные нарушения микробного сообщества почвы вблизи автомагистралей. Региональные гигиенические проблемы и стратегия охраны здоровья населения. Науч. труды Федер. науч. центра гигиены им. Эрисмана. Вып. 10. Ст. Оскол. 2004: 580-3.
4. Свистова И.Д., Корецкая И.И., Девятова Т.А., Щербаков А.П. Нарушение микробного комплекса чернозема в зоне влияния автомагистрали "Дон". Совр. пробл. загрязн. почв. Матер. Межд. конфер. М.: МГУ. 2004: 276-8.
5. Свистова И.Д., Девятова Т.А., Корецкая И.И., Щербаков А.П. Биомониторинг техногенно-измененного чернозема в зоне влияния автомагистрали "Дон". Экол. промышл. России. 2003; 11: 36-41.
6. Свистова И.Д., Щербаков А.П., Корецкая И.И., Талалайко Н.Н. Накопление токсичных видов микроскопических грибов в городских почвах. Гиг. и санит. 2003; 5: 54-7.

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В ВОЗДУХЕ И ПОЧВЕ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Корнейкова М.В.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты

Споры микроскопических грибов практически всегда присутствуют в воздушной среде, наряду с клетками других микроорганизмов. Состав микобиоты воздуха зависит от многих факторов внешней среды (климат, сезон года, географическое месторасположение, метеорологические условия). Основным источником загрязнения воздуха микромицетами является почва. Микроорганизмы попадают в воздух

также с открытых водоемов, от человека, животных, растений.

На территории Мурманской области расположены крупные промышленные предприятия цветной металлургии, такие как Кандалакшский алюминиевый завод (КАЗ), медно-никелевые комбинаты «Североникель» и «Печенганикель». Комбинатом «Печенганикель» выбрасывается в атмосферу в течение года: твердых веществ 6238.2 т, SO2 – 102.7 тыс. т, Ni – 330.4 т, Cu - 157.6 т (http:.eco.rusvegia.com/doc/kgmk2010.pdf). От Кандалакшского алюминиевого завода в настоящее время в атмосферу поступает в течение года неорганической пыли – 500 т, F - 250 т, смолистых веществ – 132 т (Евдокимова, Корнейкова, Мозгова, 2013). Выбросы предприятий оказывают негативное влияние на состояние воздуха, почвы и почвенной микобиоты, влияют на видовой состав, структуру комплексов микромицетов.

Цель работы – изучить комплексы грибов-аэробионтов и педобионтов в зоне воздействия выбросов Кандалакшского алюминиевого завода и комбината «Печенганикель».

Материалы и методы. На основании состояния почвенного покрова в районе комбината «Печенганикель» было выделено 3 зоны: сильного загрязнения – до 3 км от источника выбросов: среднего загрязнения – до 16 км, слабого загрязнения – до 25 – 30 км в юго-западном направлении (Евдокимова, Мозгова, Корнейкова, 2014). В районе КАЗа выделено 2 зоны загрязнения подстилок фтором: до 2 км – зона сильного загрязнения, до 15 км – умеренного (Евдокимова, Корнейкова, Мозгова, 2013).

Отбор проб воздуха и почвы был выполнен по стандартной для микологических исследований методике по, ранее выделенному, градиенту загрязнения аэротехногенными выбросами комбината «Печенганикель» в юго-западном направлении с шагом 1– 5 км, общей протяженностью 50 км. В районе Кандалакшского алюминиевого завода на участках, расположенных в 2, 10, 50 км от источника выбросов.

Пробы воздуха отбирали при помощи автоматического переносного пробоотборника ПУ-1Б, с принудительным осаждением микробов из воздуха на поверхность питательной среды сусло-агар. Почвенные образцы брали из органогенного горизонта. Численность микромицетов определяли методом глубинного посева на сусло-агар. Анализ биологического разнообразия грибов выполнен на основе культурально-морфологических признаков с использованием определителей.

Результаты и обсуждение. Видовое разнообразие комплексов микроскопических грибов в воздухе и почве по градиенту загрязнения от комбината «Печенганикель» представлено 27 видами, 14 родами, 13 семействами (*Mucoraceae, Mortierellaceae, Cunninghamellaceae, Umbelopsidaceae, Trichocomaceae, Hypocreaceae, Dothioraceae, Pleosporaceae, Davidiellaceae, Myxotrichaceae и 3 семейства Incertae Sedis*), 7 порядками (Mucorales, Eurotiales, Hypocreales, Dothideales, Pleosporales, Capnodiales, Incertae Sedis), 5 классами (Eurotiomycetes, Sordariomycetes, Dothideomycetes, 2 класса Incertae sedis), 2 отделами (Zygomycota, Ascomycota) (табл. 1).

Таблица 1. Видовое разнообразие комплексов микроскопических грибов в воздухе и почве по градиенту загрязнения от комбината «Печенганикель».

Вид	Расстояние от завода, км			
	3	16	30	50
Alternaria alternata (Fr.) Keissl. *		+	+	
Aureobasidium pullulans (De Bary et Lowenthal) Arnaud	+	+	+	+
Aureobasidium pullulans var. melanogenum Herm.-Nijh.			+	+
Gliomastix murorum var. murorum (Corda) S. Hughes				+
Gongronella butleri (Lendn.) Peyronel et Dal Vesco	+	+	+	
*Hormodendron cladosporioides (Fresen.) Sacc.**		+	+	+
Memnoniella echinata (Rivolta) Galloway				+
Mortierella longicollis Dixon-Stew.				+
Mucor hiemalis Wehmer	+	+	+	+
Myxotrichum deflexum Berk.				+
Penicillium canescens Sopp.				+
*P. chermesinum Biourge**				+
*P. decumbens Thom**			+	
*P. glabrum (Wehmer) Westling**			+	+

P. hirsutum var. hirsutum Dierckx		+	+	+
P. implicatum Biourge				+
P. lividum Westling				+
P. multicolor Grig.-Man. et Porad.	+	+	+	+
P. raistrickii G.Sm.	+	+	+	+
P. simplicissimum (Oudem.) Thom			+	
*P. spinulosum Thom**		+	+	+
P. thomii Maire		+	+	+
P. trzebinskii K.M.Zaleski	+	+	+	+
Phoma eupyrena Sacc.				+
Torula lucifuga Oudem.	+			
Trichoderma viride Pers.	+			+
Umbelopsis isabellina (Oudem.) W.Gams				

Примечание: жирным шрифтом выделены грибы, встречающиеся в воздухе, звездочкой (*) – как в почве, так и в воздухе.

Таблица 2. Видовое разнообразие комплексов микроскопических грибов воздуха и почвы в зоне воздействия Кандалакшского алюминиевого завода.

Виды	Расстояние от завода, км		
	2	10	50
*Acremonium rutilum W.Gams**	–	+	+
Alternaria alternata (Fr.) Keissl.	–	+	–
***Aspergillus fumigatus** Fresen.*	+	+	+
***A. repens** (Corda) Sacc.*	+	–	–
*Aureobasidium pullulans (de Bary et Lowenthal) G.Arnaud**	+	+	+
***Cladosporium cladosporioides** (Fresen.) G.A. de Vries*	–	+	+
***Cladosporium oxysporum** Berk et M.A. Curtis*	+	+	+
Cladosporium resinae (Lindau) G.A. de Vries *(=Amorphotheca resinae Parbery)*		+	+
***Curvularia intermedia** Boedijn*	–	+	–
***Fusarium oxysporum** Schltdl.*	–	+	–
Exophiala jeanselmei (Langeron) McGinnis et A.A. Padhye	+		
Memnoniella echinata (Rivolta) Galloway	+	+	+
Mortierella longicollis Dixon-Stew.		+	
Mucor hiemalis Wehmer		+	+
Mucor sp.	+	+	+
Penicillium adametzii K.M. Zaleski	–	+	+
P. aurantiogriseum Dierckx	+	–	–
P. commune Thom	+	–	–
P. corylophilum Dierckx	–	–	+
P. decumbens Thom	+	+	+
Penicillium implicatum Biourge	+	+	+
P. godlewskii K.M. Zaleski	–	–	–
P. glabrum (Wehmer) Westling *	+	+	+

P. lividum Westling	+		
*P. miczynskii K.M.Zaleski**	+	–	+
P. nalgiovense Laxa	+		
***P. ochrochloron** Biourge*	+	–	–
*P. raistrickii G.Sm.**	+	+	+
*P. restrictum J.C.Gilman et E.V. Abbott**	+	+	+
*P. simplicissimum (Oudem.) Thom**	+	+	+
P. spinulosum Thom	+	+	
*P. thomii Maire**	+	+	+
*P. trzebinskii K.M.Zaleski**	+	+	+
*Phoma eupyrena Sacc.**	–	+	–
***Sclerotinia sclerotiorum** (Lib.) de Bary*	–	–	+
Talaromyces variabilis (Sopp) *Samson, N. Yilmaz, Frisvad et Seifert*	+	–	–
*Torula sp.**	+	+	+
***Torula herbarum** (Pers.) Link*	+	–	–
Trichoderma koningii Oudem	+		
T. viride Pers.	+	+	+
T. polysporum (Link) Rifai			+
*Umbelopsis isabellina (Oudem.)W.Gams**	+	+	+
Wardomyces anomalus F.T.Brooks et Hansf			+
Wardomyces sp.		+	
*Sterilia mycelia**	+	+	+

Примечание: как в таблице 1.

Наибольшее количество видов (13) выделено в почве, немного меньше (8 видов) – в воздухе и 6 видов встречается и в почве и в воздухе. Степень сходства видового состава комплексов микромицетов воздуха и почвы составила 55%.

Грибы р. *Penicillium* составляют почти 50% от общего количества выделенных видов. Выявлено снижение видового разнообразия микроскопических грибов по мере приближения к источнику выбросов. В зоне сильного загрязнения (до 3 км) выделено 7 видов микромицетов, в зоне среднего загрязнения – 11, слабого – 15. Наибольшее видовое разнообразие грибов (21 вид) отмечено на территории 30–50 км от комбината, т.е. на фоновом участке. Выделено 9 видов (*Gliomastix murorum var. murorum, Memnoniella echinata, Mortierella longicollis, Myxotrichum deflexum, Penicillium canescens, P. chermesinum, P. implicatum, P. lividum, Phoma eupyrena*), которые не встречались в воздухе и почве зон, расположенных ближе к комбинату «Печенганикель».

В зоне сильного загрязнения по обилию в воздухе доминировал гриб *Gongronella butleri,* в почве – *Trichoderma viride*. В данной зоне также отмечен гриб *Torula lucifuga*, который на других участках не встречался. В воздушной среде в зоне среднего загрязнения преобладали грибы *G. butleri* и *Penicillium raistrickii*, последний доминировал и в почве данной зоны. На участках со слабым загрязнением в воздухе в наибольшем количестве выделены *P. hirsutum* и *P. trzebinskii*, последний преобладал также и в почве. На фоновом участке в обеих средах доминировал *P. raistrickii*.

Видовое разнообразие комплексов микроскопических грибов в воздухе и почве по градиенту загрязнения от КАЗа представлено 44 видами и группой грибов со стерильным мицелием, относящимися к 20 родам, 14 семействам (Mucoraceae, Umbelopsidaceae, Trichocomaceae, Herpotrichiellaceae, Hypocreaceae, Nectriaceae, Microascaceae, Dothioraceae, Pleosporaceae, Davidiellaceae, Sclerotiniaceae и 3 семейства Incertae Sedis), 9 порядкам (Mucorales, Eurotiales, Chaetothyriales, Hypocreales, Microascales, Dothideales, Pleosporales, Capnodiales, Helotiales), 5 классам (Eurotiomycetes, Sordariomycetes, Dothideomycetes, Leotiomycetes, Incertae sedis), 2 отделам (Zygomycota, Ascomycota) (табл. 2). Семнадцать видов (выделены жирным шрифтом) встречались только в воздушной среде, а 13 видов (помечены звездочкой) как в почве, так и в воздухе. Степень сходства видового состава комплексов микромицетов воздуха и почвы составила 80%.

Грибы р. *Penicillium* составляют почти 50% от общего количества выделенных видов. По количеству выделенных видов не было выявлено существенных изменений в комплексах микромицетов по градиенту загрязнения. Степень сходства видового состава комплексов микроскопических грибов на участках 2 и 50 км была меньше, чем между 10 и 50 км и составила 60%.

Виды *Aspergillus repens, Exophiala jeanselmei, Penicillium aurantiogriseum, P. commune, P. lividum, P. nalgiovense, P. ochrochloron, Talaromyces variabilis, Torula herbarum Trichoderma koningii* встречались только в 2 км зоне, виды *P. corylophilum, P. godlewskii, Sclerotinia sclerotiorum, T. polysporum, Wardomyces anomalus* – только над фоновым участком. Шестнадцать видов микромицетов и группа грибов со стерильным мицелием выявлены на всех исследуемых участках.

В воздухе по показателю индекса обилия на участке в 2 км от источника выбросов доминировал гриб *Cladosporium oxysporum*, на 10 км – *Penicillium raistrickii* и *C. oxysporum*, а над фоновым участком – грибы рода *Torula* и грибы со стерильным мицелием. В почве вблизи алюминиевого завода (2 км от завода) как по пространственной частоте встречаемости, так и по обилию доминировал вид *P. spinulosum*, часто встречались виды *P. implicatum* и *Trichoderma viride.* В 10 км зоне доминировал по частоте встречаемости вид *T. viride*, часто встречались виды *P. spinulosum, P. implicatum* и *C. resinae*. По обилию, как и на участке 2 км, преобладали грибы *P. spinulosum*. В контроле доминирующих видов выделено не было, часто встречающимися были *T. viride, C. resinae, P. trzebinskii, Umbelopsis isabellina*. Вид Memnoniella echinata имел высокие значения показателя обилия видов на всех участках, *C. resinae, P. trzebinskii* – на фоновом участке.

Таким образом, в зоне воздействия каждого предприятия сформировался специфический комплекс микроскопических грибов, отличающийся от фоновых. Видовой состав комплексов микромицетов- аробионтов и педобионтов в зоне воздействия алюминиевого завода имеет большую степень сходства, чем в районе медно-никелевого предприятия. В целом в зоне воздействия выбросов Кандалакшского алюминиевого завода наиболее разнообразный видовой состав микроскопических грибов, как в воздухе, так и в почве по сравнению с комбинатом «Печенганикель» (44 и 27 видов соответственно).

Список литературы

1. Евдокимова Г.А., Корнейкова М.В., Мозгова Н.П. Изменения свойств почв и почвенной биоты в зоне воздействия аэротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода. Почвоведение. 2013;10: 1274-80.
2. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., Корнейкова М.В. Содержание и токсичность тяжелых металлов в почвах зоны воздействия газовоздушных выбросов комбината “Печенганикель”. Почвоведение. 2014; 5: 625–31.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МИКОБИОТЫ ПРИ ДЕМУТАЦИОННОЙ СУКЦЕССИИ ТУНДРОВОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Ковалева В.А., Хабибуллина Ф.М., Панюков А.Н.
Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, Сыктывкар

При сельскохозяйственном освоении тундровых почв теряется эндемичность грибного комплекса. Микобиота агроэкосистем в условиях Крайнего Севера характеризуется преобладанием представителей родов *Trichoderma, Chaetomium, Mucor*; уменьшением в количественном и видовом отношении *Penicillium*, появлением нехарактерных для тундры видов более южных почв *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. [1].

После прекращения использования агроэкосистемы начинается самовосстановительная сукцессия, в ходе которой в почве меняется направление и интенсивность физических, химических и микробиологических процессов, имеющих в суровых климатических условиях определенную специфику [2]. Все эти процессы включены в круговорот органического вещества, который связывает все компоненты экосистемы и стабилизирует ее состояние. Для определения направления трансформации органического вещества в почве необходимо иметь данные относительно численности и видового состава грибных сообществ, так как именно грибы играют основную роль в деструкции растительных остатков в наземных экосистемах [3, 4].

Объектом исследования является многолетний сеяный луг, выведенный из сельскохозяйственного использования более 16 лет назад. Сенокосный луг был создан в 1958 г. После обработки тундровой почвы и внесения удобрений были высеяны многолетние травы: лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*) и мятлик луговой (*Poa pratensis*). В 1998 г. использование луга прекратили, и агроэкосистема перешла на стадию трансформации.

Исследования состава и структуры фитоценоза, показали, что в последние годы состав травянистого сообщества сохраняется без существенных изменений. Доминантами в фитоценозе по-прежнему являются высеянные виды трав. Однако постепенно идет накопление количественных изменений в травостое, выраженных в усилении его мозаичности – внедрение злаков и разнотравья, образующих синузии. Под влиянием агрофактора и многолетнего травянистого сообщества сформировалась луговая дерновая поверхностно-глеевая суглинистая почва. Так как смены растительного сообщества пока не происходит, почва постагрогенной экосистемы сохраняет морфологическое строение, сформировавшееся в предшествующий период развития сеяного луга.

Отбор почвенных образцов для микробиологического анализа проводили в 2010, 2011 и 2014 гг. и осуществляли с учетом стерильности из верхних горизонтов почвы [5]. Численность и видовой состав

микромицетов определяли на среде Чапека [3]. Для характеристики структуры комплексов грибов, выявления доминирующих, частых, редких и случайных видов использовали показатель частоты встречаемости [6]. Видовую идентификацию выделенных штаммов проводили по определителям в соответствии с базой данных (http:.www.indexfungarum.org) [6–10].

В 2010 г. из исследуемой почвы выделено всего 25 видов из 11 родов, включая две формы стерильного мицелия. В таксономическом отношении преобладает группа несовершенных грибов (*Anamorphic fungi*), она представлена 16 видами из 7 родов: *Aspergillus, Fusarium, Geomyces, Penicillium, Trichoderma* и светлоокрашенный и темноокрашенный *Mycelia sterilia*. Наиболее богатыми по числу видов были рода *Trichoderma* (7 видов) и *Penicillium* (4 вида), остальные роды представлены одним видом. Из отдела Zygomycota выделено 6 видов из 3 родов: *Mortierella, Mucor* и *Umbelopsis.* Среди зигомицетов наибольшее число видов принадлежит роду *Mucor* (4 вида). Немногочисленны грибы отдела Ascomycota, выделено 3 вида из рода *Chaetomium*. Комплекс почвенных микромицетов представлен преобладающим числом редких и случайных видов. Доминирующим видами (частота встречаемости >60%) являются *Geomyces pannorum* и *Mycelia sterilia* светлоокрашенный. К частым видам (частота встречаемости 30–60%) относятся *Fusarium oxysporum*, и *Mycelia sterilia* темноокрашенный. *Geomyces pannorum* светлоокрашенный и темноокрашенный *Mycelia sterilia* типичные представители тундровых почв [11], *Fusarium oxysporum* – представитель более «южных» почв в северных регионах тесно связан с травянистой растительностью [12].

В 2011 г. выявленное разнообразие микромицетов в почве постагроэкосистемы несколько выше. Выделено 29 видов из 13 родов, включая светлоокрашенный стерильный мицелий. Среди анаморфных аскомицетов обнаружено 9 родов, из них роды *Acremonium, Cladosporium* и *Paecilomyces* не были выделены ранее. В этот год отбора проб обнаружено только одна светлоокрашенная форма стерильного мицелия.

Из зигомицет наибольшее число видов принадлежит роду Mucor (4 вида), род *Mortierella* представлен 3 видами, а род *Umbelopsis* только одним – *Umbelopsis ramanniana*. Типичными микромицетами, выявленными с частотой встречаемости более 60%, являются *Geomyces pannorum* и *Mycelia sterilia* светлоокрашенный, с частотой встречаемости 30-60% – *Mucor globosum, Mucor hiemalis, Cladosporium herbarum и Fusarium oxysporum*.

В 2014 г. из верхних горизонтов почвы постагрогенной экосистемы выделено всего 24 вида грибов из 14 родов, включая светлоокрашенную и темноокрашенную формы стерильного мицелия. Большинство выделенных видов, как и в предыдущие годы исследования, относится к группе несовершенных грибов, однако изменился таксономический состав. Выделенные виды относятся к 9 родам: *Aspergillus, Geomyces, Cephalosporium, Chrysosporium, Spicaria, Penicillium, Trichoderma* и светлоокрашенный и темноокрашенный *Mycelia sterilia*. При этом все рода представлены 1–3 видами. Доминатами в комплексе типичных видов являются *Cladosporium cladosporioides, Mucor hiemalis* и *Mycelia sterilia* светлоокрашенный. К частым видам относятся *Geomyces pannorum, Umbelopsis isabellina, Aspergillus ochraceus, Trichoderma sp.* и *Mycelia sterilia* темноокрашенный. В почвенных образцах этой даты отбора не выделялся *Fusarium oxysporum*. В этот году отмечено большое количество дрожжевых грибов, развитие которых связано с увеличением влажности почвы из-за погодных условий.

В 2010 г. численность грибов в дерновом и гумусово-аккумулятивном горизонтах составила 561.1±18.7 и 188,1±8,9 тыс. КОЕ/г а.с.п. соответственно; в 2011 г. – 670,6±17,9 и 246,3±73,8 тыс. КОЕ/г а.с.п. соответственно, в 2014 г – 42,5±1,5 и 46,7±2,3 тыс. КОЕ/г а.с.п. соответственно.

Общая численность микроскопических грибов во многом зависели от погодных условий конкретного года отбора почвенных образцов. Возможно, жаркая и засушливая погода летом 2010 г. не являлась столь критичной для развития почвенных грибов, как затяжная весна и холодное дождливое лето в 2014 г, определившие низкие показатели численности микромицетов в почве по сравнению с предыдущими годами исследования. При резком сокращении численности нами не выявлено значительного сокращения видового разнообразия почвенных грибов.

Изменения в таксономической структуре могут быть связаны с конкретными погодными условиями года. Основу комплекса микромицетов всех дат отбора проб составляют как типичные тундровые виды *Geomyces pannorum* и *Mycelia sterilia*, так и виды характерные для почв средней полосы и под сельскохозяйственными культурами *Aspergillus ochraceus* и *Fusarium oxysporum*. Распространение мукоровых грибов связано с замедленным разложением в условиях севера травянистой растительности.

Таким образом, после прекращения использования агроэкосистемы, на протяжении 16 лет сообщество почвенных грибов сохраняет характерные черты почвенной микобиоты агроэкосистемы. Анализ видового разнообразия и таксономической структуры показал, что микоценоз почвы постагрогенной экосистемы находится в состоянии стабильного функционирования, что связано с устойчивостью фитоценоза и почвы.

Список литературы

1. Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера. Екатеринбург. 2005: 122 с.
2. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота. Мат. Всерос. научн. конф. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 2008: 405 с.
3. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ. 1988: 220 с.
4. Newell SY, Caroll GC, Wicklow DT. Estimating fungal biomass and productivity in decomposing litter.

The Fungal Community. 2nd edn. NY, Basel, Marcel Dekker. 1992: 521-62.
5. Кураков А.В. Методы определения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем: учебно-методическое пособие. М.: Макс Пресс. 2001: 92 с.
6. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: МГУ, 1989: 336 с.
7. Литвинов М.А. Определитель микроскопических почвенных грибов. Л.: Наука. 1967: 302 с.
8. Пидопличко Н.М. Пенициллии (ключ для определения видов). Киев: Наукова думка. 1972: 150 с.
9. Ramirez C. Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam. NY. Oxford. Elsiveier Biomed Press. 1982: 874 p.
10. Domsh KH, Gams W, Anderson T-H. Compendium of soil fungi. IHW-Verlag Eching, 2007: 672 p.
11. Шералиев А.Ш. Распространение грибов рода Fusarium в почвах Чаткальского горнолесного заповедника. Микробиол. журн. 2002; 3: 38-41.
12. Паринкина О.М. Микрофлора тундровых почв. М.: Наука. 1989: 179 с.

БИОСИНТЕЗ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ ГРИБАМИ РОДА *PENICILLIUM*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Козловский А.Г., Желифонова В.П., Антипова Т.В.
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, Пущино

Микроскопические грибы рода *Penicillium* продолжают оставаться перспективными источниками биологически активных веществ. В настоящее время поиск продуцентов новых биологически активных соединений ведется среди штаммов грибов, выделенных из малоизученных или практически неисследованных мест обитаний. К ним относятся, в том числе, и такие экологические ниши, в которых микроорганизмы подвергаются длительным воздействиям низких температур.

Изучали биосинтез экзометаболитов у более ста штаммов грибов, относящихся к различных *Penicillium*, полученных из Всероссийской коллекции микроорганизмов ИБФМ РАН. Штаммы были выделены в различных географических регионах из низкотемпературных экотопов, включая многолетнемерзлые отложения, мерзлые вулканические пеплы, ископаемую лошадь, криопэг и воду антарктического озера.

Идентифицированы вторичные метаболиты различных структурных групп и установлена структура двух новых соединений хиноцитринов А и Б. Идентифицированные экзометаболиты, относились к клавиновым эргоалкалоидам (α–циклопиазоновая кислота, фумигаклавины А и Б, фестуклавин, ругуловазины А и Б, агроклавин-I и эпоксиагроклавин-I), дикетопиперазинам (3,12-дигидророкефортин, рокефортин, гландиколины А и Б, мелеагрин), бензодиазепинам (циклопептин, циклопенин), хинолинам (виридикатин и хиноцитринины), хиназолинам (фумихиназолины), пенициллинам (пенициллин G), хризогинам (хризогин, 3-ацетилхиназолон, 2-пируваиламинобензамид, 2-гидроксипропиониламинобензамид, квестиомицин А), ксантоциллинам (ксантоциллин Х) и производным триптофана (N-ацетилтриптамин, индолуксусная кислота). Были идентифицированы также соединения поликетидной природы - охратоксины А и Б, микофеноловая кислота, гризеофульвин и РС-2. По биологической активности некоторые из них, такие как α–циклопиазоновая кислота, рокефортины, охратоксины являются микотоксинами. Учитывая прогнозы о глобальном потеплении, наши данные о токсигенном потенциале грибов из пермафроста представляют интерес для специалистов, занимающихся здоровьем человека и животных.

Профили вторичных метаболитов были успешно использованы для определения видовых наименований штаммов. У некоторых штаммов отмечено отсутствие видовых маркерных метаболитов в спектре синтезируемых экзометаболитов, в то время как пенициллы из современных местообитаний продуцируют более широкий набор химических соединений.

Показано, что биосинтез азотсодержащих соединений (алкалоидов) начинался с первых суток культивирования грибов и протекал параллельно их росту. Метаболиты поликетидной природы синтезировались по идиофазной кинетике. Отмечен циклический характер накопления алкалоидов, связанный с регуляцией оптимального для культуры количества триптофана (предшественника). Найдены оптимальные условия биосинтеза перспективных биоактивных соединений и определены некоторые механизмы их регуляции.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ МАКРОМИЦЕТОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕТЕЙ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)

Крапивина Е.А.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик

Работа по инвентаризации микобиоты различных территорий, в том числе и заповедных, имеет большое значение для мониторинга изменений структуры биоразнообразия природных экосистем под воздействием антропогенных и природных катаклизмов. Инвентаризация и анализ микобиоты являются необходимой основой для поиска путей сохранения природного разнообразия не только грибов, но и экосистем, в которых они обитают.

В Кабардино-Балкарской Республике широко развита сеть особо охраняемых природных территорий (СОПТ). Высокогорный государственный заповедник, государственный природный национальный парк «Приэльбрусье», 9 охотничьих заказников занимают около 350 тыс. га или 27,7% территории республики.

Исследования микобиоты проводились в 2003 – 2014 годах, преимущественно, маршрутным методом. Сбор, описание и фиксация материала проводилась по традиционным методикам (Бондарцев, 1953; Гербарное дело … 2001 и др.), дополнительно были сделаны фотоснимки. В работе использованы следующие определители: Nordic Macromycetes (1992), Moser (1978).

Кабардино-балкарский высокогорный государственный заповедник (КБВГЗ). Общая площадь – 82,6 тыс. га. Расположен на юге кабардино-балкарской республики, охватывая высокогорные части трех административных районов – Чегемского, Черекского, Безенгийское, Суканское и Урванского лесничеств. Территория КБВГЗ состоит из ряда изолированных участков, среди которых наиболее значительными являются хазнидонский и черек-безенгийский (айунц, шалыбков, 1990). Аннотированный список макромицетов лесных экосистем КБВГЗ, насчитывает 242 видов, относящихся к 103 родам, 51 семейству, 20 порядкам и трем классам, из них 31 вида впервые указываются для территории кабардино-балкарской республики и всей западной части центрального кавказа. (Крапивина и др., Шхагапсоев, 2008)

Заказник «Кара-Су» – на территории Черекского района, площадь 19 тыс. га. На основании проведенных исследований составлен и проведен комплексный анализ флоры макромицетов. Состав микобиоты макромицетов заказника Кара-Су насчитывает 151 вид из 70 родов, 36 семейств, 113 порядков и 2 классов.

Заказник «Гедуко» – на территории Баксанского района, площадь 3,8 тыс. га. Микологические исследования на территории заказника проводились с 2003-2012 гг. В результате исследований было выявлено 163 вида, которые относятся к 90 родам, 42 семействам и 16 порядкам и трем классам, из них новыми для всей территории Кабардино-Балкарской Республики являются 19 видов из 15 родов, 10 семейств и 5 порядков класса Basidiomycetes.

Таксономическая структура лесных микоценозов, состав надвидовых таксонов и распространение между ними видов представляют собой одну из важных и устойчивых характеристик грибных сообществ (Мухин, 1993). Из чего следует, что таксономическая структура сообществ макромицетов лесных экосистем, сетей особо охраняемых природных территорий, является экологической характеристикой, отражающей ландшафтные, климатические и антропогенные нагрузки на лесные экосистемы (Мухин, 2004).

Как видно из данной таблицы, для КБВГЗ 10 ведущих семейств состоят из 160 видов (66,11%); ведущими семействами являются: Tricholomataceae, Russulaceae,

Таблица. Ведущие семейства макромицетов лесных экосистем сетей особо охраняемых природных территорий

№	Семейство	КБВГЗ	«Гедуко»	«Кара-Су»			
		Кол-во видов	% Абс.	Кол-во видов	% Абс.	Кол-во видов	% Абс.
1	Tricholomataceae	48	19,83	26	15,95	25	16,55
2	Russulaceae	22	9,09	4	2,45	11	7,28
3	Bjerkanderaceae	20	8,26	8	4,9	-	-
4	Cortinariaceae	19	7,85	16	9,81	12	7,94
5	Agaricaceae	13	5,37	9	5,52	10	6,62
6	Strophariaceae	10	4,13	7	4,29	6	3,97
7	Boletaceae	8	3,3	4	2,45	9	5,96
8	Coprinaceae	7	2,89	10	6,13	4	2,64
9	Amanitaceae	7	2,89	9	5,52	7	4,63
10	Lycoperdaceae	6	2,47	6	3,68	2	1,32
Итого:	160	66,11	99	60,73	86	56,95	

Bjerkanderaceae, Cortinariaceae на долю которых приходится 100 видов (37,18% от общего числа видов). Главенствующие положение перечисленных семейств соответствует закономерности, установленной для всех лесных микобиот Голарктики (Сопина, 2001). Этот факт также подчеркивает бореальность данной микобиоты. Доминирующее положение этих трех семейств характерно также для близлежащих территорий. В частности, в микобиоте агарикоидных макромицетов Тебердинского заповедника эти семейства объединяют 53,6% (от общего количества видов) (Гарибова Л.В. и др. 2001), РСО–Алания – 47,2% (Николаев, 2000). Дальше виды распределились следующим образом: Agaricaceae – 5,37%, Strophariaceae – 4,13%, Boletaceae – 3,3%, Coprinaceae и Amanitaceae по 2,89%, Lycoperdaceae – 2,47%.

В спектре ведущих семейств заказника «Гедуко» первые места занимают Tricholomataceae (26 видов), Cortinariaceae (16), в состав которых входит 25,76% видов. Strophariaceae – 4,29%, Boletaceae – 2,45%, Coprinaceae(6,13%) и Amanitacea (5,52%), Lycoperdaceae – 3,68%. Аналогичная ситуация наблюдается в микобиотах всей лесной зоны Голарктики, большая доля семейства Tricholomataceae и Cortinariaceae показывает на наличие бореальных черт в характере микобиоты (Морозова, 2001). Высокое видовое богатство семейства Coprinaceae (10 видов), характерно для широколиственных лесов умеренных широт (Сержанина, 1984), что придает микобиоте неморальные черты. Местоположение семейства Agaricaceae и его видовая насыщенность, в большей степени характерна для микобиот южных территорий, располагающихся в пределах лесостепи (Вассер, 1985), что говорит об остепненности некоторых местообитаний. Доминирующее положение этих трех семейств характерно также для близлежащих территорий (Шхагапсоев, Крапивина, 2004). Список наиболее богатого видами семейства Tricholomataceae образован 14 родами, 2-е место принадлежит семейству Cortinariaceae, характерному для бореальных флор (Нездойминого, 1996), что придает микобиоте европейские черты.

В спектре ведущих семейств заказника «Кара-Су» первые места занимают Tricholomataceae (25 видов), Cortinariaceae (12) и Russulaceae (11), которые составляют 31,77% от общего числа видов и что соответствует закономерности, установленной для всех лесных микобиот Голарктики (Сопина, 2001). По исследованиям ряда авторов (Нездойминого, 1976; Иванов, 1985; Кутафьева, 1989 и др.) представители этих трех семейств занимают господствующее положение в сложении микобиоты бореальных зон и всей Голарктики в целом, они составляют ядро биоты макромицетов из более отдаленных регионов, в частности, бассейнов рек Туйской Губы (Созанова, 1993); агарикоидных базидиомицетов южной тайги Ленинградской области (Морозова, 2001). Обилие видов семейства Agaricaceae, составляющий 6,62% также свидетельствует о бореальном характере (Вассер, 1984).

Список литературы

1. Айунц К.Р., Шалыбков А.М. Кабардино-Балкарский заповедник. Заповедники СССР. Заповедники Кавказа. М.: Мысль. 1990: 35-45.
2. Бондарцев С.А. 1953. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. М.-Л.: Изд. АН СССР: 1106 с.
3. Гарибова Л.В., Боташев Р. С.-М., Онипченко В.Г. 2001. Трофическая структура агарикоидных базидиомицетов в лесном поясе Тебердинского заповедника. Лесные стационарные исследования. Мат. совещ. Тула. С.295-297.
4. Гербарное дело. 1995/2001. Справочное руководство.Под ред. Д. Бридсона, Л Формана. Королевский Бот. Сад, Кью, 341 с.
5. Крапивина Е.А., Шхагапсоев С.Х. Трофическая структура биты макромицетов Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника (Центральный Кавказ). Мат. юбилейн. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения М.В. Горленко «Высшие базидиальные грибы: индивидуумы, популяции, сообщества» М.: «Изд. «Восток-Запад». 2008: 193-4.
6. Кутафьева Н.П. К флоре грибов-макромицетов Среднего Приангарья IV. Новости систем. низш. растений. 1989; 26: 65-7.
7. Морозова О.В. 2001. Агарикоидные базидиомицеты подзоны южной тайги Ленинградской области. Дисс. … канд. биол. наук. СПб.: БИН РАН,. 250с.
8. Мухин В.А. 1993. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука: 479 с.
9. Мухин В.А., Ушакова Н.В. Базовые таксономические спектры ксилотрофных базидиомицетов. Мат. координац. исслед. «Грибные сообщества лесных экосистем» Москва-Петрозаводск. 2004: 40-51
10. Нездойминого Э.Л. К флоре агариковых грибов Северной части Красноярского края I. Новости систем. низш. растений.1976; 13: 105-13.
11. Николаев И.А. Редкие виды грибов-макромицетов в республике Северная Осетия. Новости систем. низш. растений. 1999; 33: 96-8.
12. Сержанина Г.И. Шляпочные грибы Белоруссии: Определитель и конспект флоры. Минск: Наука и техника. 1984: 406 с.
13. Сопина А.А. 2001. Агарикоидные базидиомицеты горных лесов бассейна р. Белой (Северо-Западный Кавказ) I. Микол. фитопатол. Т. 35. Вып. 2. С. 30-43.
14. Созанова Н.А. К флоре макромицетов бассейна реки Анадырь. Микол. и фитопатол. 1993; 27(3): 7-16.
15. Шхагапсоев С.Х., Крапивина Е.А. 2004. Макромицеты лесных экосистем Кабардино-Балкарии. "Полиграфсервис". Нальчик. 2004: 94 с.
16. Moser M. R. Die Röhrlige und Blätterpilze. 5 Aufl. Kleine Kryptogamenflora. Jib. 2. Sttudgart, New York: Custal Ficher Verlag. 1978: 533s.
17. Nordic Macromicetes. 1992 Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales. Copenhagen: Nordsvamp. 1992: 474 s.

АФИЛЛОФОРОИДНАЯ МИКОБИОТА ДУБРАВ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Курагина Н.С.
Волгоградский государственный университет

Важной отличительной особенностью северной части Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) является доминирование в её лесных сообществах дубрав. Южный предел его естественного распространения на Юго-Востоке приурочен к широте п. Капустина Яра (Плюснин 1938; Шульга 1991).

Дуб избегает местообитаний с длительным затоплением, поэтому дубравы располагаются преимущественно на возвышенных местах и песчаных «гривах» поймы (Плюснин, 1938; Мяло, 1962; Карлин, 1971). В северной части ВАП можно встретить дубы в возрасте 200–300 лет. Дуб-долгожитель возрастом более 400 лет известен на острове Сарпинском близ п. Бобыли (Шарова, 2011).

Строительство Волгоградской ГЭС и, как результат, изменение продолжительности и высоты весенних паводков негативно повлияло на состояние дубрав. Отмечается суховершинность дуба и его усыхание. Дубняки ВАП представляют собой многократно порослевое поколение (Новикова, Кузьмина, Лазарева, 2010; Кузьмина, 2013). Семенное возобновление крайне редко и лишь там, где населённые пункты находятся вдали от дубрав.

Среди факторов, вызывающих ухудшение состояния пойменных дубрав, такие как насекомые-фитофаги, засуха, можно выделить ещё один – афиллофороидные грибы.

Целью работы – установление видового состава и выявление экологических особенностей афиллофороидных ксилотрофных грибов дубрав ВАП.

Сбор грибов осуществлялся маршрутным методом в 2012–2014 гг. Собранные образцы хранятся в гербариях ВолГУ и БИН РАН.

На исследованной территории выявлено 23 вида афиллофороидных грибов, относящихся к 19 родам, 12 семействам и 6 порядкам. Ведущими по численности видов семействами являются Fomitopsidaceae (*Daedalea quercina, Fomitopsis pinicola, Laetiporus sulphureus*), Ganodermataceae (*Ganoderma applanatum, Ganoderma australe, Ganoderma orbiforme*) и Meruliaceae (*Abortiporus biennis, Steccherinum fimbriatum, Steccherinum ochraceum*), остальные семейства представлены двумя и одним видами: Auriculariaceae (*Auricularia mesenteric*a), Corticiales (*Corticium quercicola, Vuilleminia comedens*), Fistulinaceae (*Fistulina hepatica*), Hymenochaetaceae (*Fomitiporia robusta, Hymenochaete rubiginosa*), Peniophoraceae (*Peniophora quercina, Peniophora violaceolivida*), Phanerochaetaceae (*Porostereum spadiceum*), Polyporaceae (*Cellulariella warnieri, Trametes versicolor*), Pterulaceae (*Aphanobasidium pseudotsugae, Radulomyces molaris*), Stereaceae (*Stereum hirsutum*).

По трофической принадлежности 78% (или 18 видов) от всех найденных афиллофороидных грибов относятся к группе сапротрофов – грибов, поселяющихся на сухостойных стволах, валеже, пнях. Паразитами, поселяющимися на живых стволах Quercus robur, являются *Fistulina hepatica, Fomitiporia robusta, Ganoderma australe, Ganoderma orbiforme, Laetiporus sulphureus*.

Большая часть афиллофороидных грибов исследуемого региона относится к лигнинразрушающим, вызывающим белую гниль (78% или 18 видов: *Abortiporus biennis, Cellulariella warnieri, Fomitiporia robusta* и др.). К целлюлозоразрушающим грибам или грибам бурой гнили, относятся 5 видов: D*aedalea quercina, Fistulina hepatica, Fomitopsis pinicola, Hymenochaete rubiginosa, Laetiporus sulphureus*.

Приуроченность гриба к местообитанию с определённым режимом влажности позволяет выделить экологические группы гигрофилов, ксерофилов и мезофилов. Количество мезофилов и ксерофилов составило по 10 видов на каждую группу (или 43%). Группа гигрофилов представлена 3 видами (13%).

Таким образом, на исследованной территории выявлено и изучено 23 вида афиллофороидных грибов, произрастающих в дубравах. Определена экологическая структура выявленной микобиоты по отношению к субстрату и увлажненности, а также проанализирована частота встречаемости грибов с разными типами гнили.

Список литературы

1. Плюснин И.И. Почвы Волго-Ахтубинской поймы: к познанию аллювия и аллювиальных почв. – Сталинград: Обл. книжн. изд-во, 1938: 275 с.
2. Шульга В.Д. Влияние засоления почв Волго-Ахтубинской поймы на состояние лесов. Почвоведение. 1991; 1: 105 с.
3. Мяло Е.Г. О пойменных лесах Юго-Востока Европейской части СССР. Вест. Моск. ун-та. Сер. географ., 1962; 4: 67-70.
4. Карлин В.Р. Пойменные леса. М.: Изд. Лесн. промышл. 1971: 152 с.
5. Шарова И.С. Динамика изменений почвенно-растительного покрова северной части Волго-Ахтубинской поймы. Астрахань. 2011: 127 с.
6. Новикова Н.М. О реликтовости дубрав в Волго-Ахтубинской пойме. Юг России. Сер. «Экология, развитие». 2010; 4: 41-4.
7. Кузьмина Е.Г. О состоянии дубрав в Волго-Ахтубинской пойме. Проблемы региональной экологии и природопользовании. Сер. Естеств. науки, 2013. 4(45): 52-5.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ БИОТЫ КСИЛОТРОФНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ В ПРЕДГОРНЫХ ЛЕСАХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кушалиева Дж.
Кабардино-Балкарский Университет, Нальчик

Во флоре Чеченской Республики насчитывается почти 2318 видов цветковых и высших споровых растений, приуроченных к различным условиям обитания (Тайсумов, Омархаджиева, 2012).

Хозяйственная деятельность современного общества сопряжена с прямым или косвенным вмешательством в структуру растительного покрова. Особенно это касается лесных экосистем, где такая деятельность приводит к потере водоохранных, почвозащитных, санитарно-гигиенических, эстетических, рекреационных и других функций. Поэтому современная наука призвана стать теоретической основой гармонизации отношений между человечеством и природной средой, рационального использования и сохранения ее ресурсов (Тайсумов, Омархаджиева, 2012).

Лесной пояс занимает нижние горизонты гор ЧР. На востоке он начинается с высот –250 м над у.м., на западе – 300–350 м и верхняя граница проходит на высотах 1500–1800 м, по неровностям рельефа поднимается до 2500 м. Этот пояс охватывает три горных горизонта – предгорья, низкогорья и среднегорья и состоит из двух частей – полосы широколиственных лесов и полосы мелколиственных и хвойных лесов. Широколиственные леса на границе со степным поясом образуют лесостепь, состоящую из чередующихся лесных и степных участков. На большей части территории она распахана и сохранилась лишь небольшими фрагментами (Галушко, 1975).

Предгорья ЧР заняты смешанными лесами из *Quercus robur, Ulmus minor, Carpinus caucasica, Acer campestre*, в составе которых много диких плодовых видов – *Pyrus caucasica, Malus orientalis, Prunus divaricata, Cornus mas, Mespilus germanica*, виды рода Crataegus и др. Эта полоса лесов с дикими плодовыми растениями тянется через всю территорию республики. Выше этой полосы расположены буковые и смешанные буково-грабовые леса, дубравы и грабинники. Закономерность их распределения зависит от высоты местности, экспозиции склонов, степени увлажнения, почв и др.

Наиболее низкие горизонты гор занимают дубравы, которые местами выходят на равнины в поймы рек. Основными составляющими дубрав являются *Qercus robur, Ulmus minor, Fraxinus excelsior, Acer campestre. Из кустарников – Euonymus europaea, Swida australis, Corylus avellana, Crataegus pentagyna, C. curvisepala, Vitis sylvestris*. В дубравах среднегорий, занимающих высоты от 800 до 1300 м н.у.м. преобладает Quercus petraea, а кроме упомянутых сопутствующих видов встречаются *Tilia caucasica, Acer platanoides, A. laetum, Sorbus torminalis*, из кустарников чаще других встречается *Rhododendron luteum*.

В этом типе леса нами обнаружено 98 видов из 29 семейств, 11 порядков и 2 классов, ведущим семейством является Poluporaceae, которое содержит 26 видов. Их них съедобными являются 27 видов, ядовитыми четыре вида *Mycena pura* (Pers.) P. Kumm. *Hypholoma fasciculare* (Huds.: Fr.) Kumm. *H. sublateritium* (Fr.) Quel, *Paxillus involutus* (Batsch.: Fr.) Fr. На стволах *Qercus robur* различной степени деструкции узко специализированы – *Bulgaria inqunans* (Pers.: Fr.) Fr. *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., *Deadalea quercina* Fr., а *Marasmius alliaceus* (Jacq.) Fr., *M. scorodonius* (Fr.) Fr также встречаются и в буково-грабовой формации. Из «краснокнижных видов» произрастает *Hericum coralloides* (Fr.) Pers., вид внесен в «Красную книгу» РСФСР(1988) и рекомендован для внесения в «Красную книгу Чеченской Республики».

Выше дубрав на северных, западных и восточных склонах располагаются буковые и буково-грабовые леса, основными компонентами которых является Fagus orientalis и Carpinus caucasica. Буковые леса обычно содержат мало сопутствующих древесных видов, в них встречаются *Acer platanoides, A. laetum, Ulmus sukaczevii, Taxus baccata, Euonymus latifolia, Vaccinium arctostaphylos.* В грабинниках преобладает *Carpinus caucasica*, а бук встречается в небольшом количестве. Реже встречаются липовые леса. Такие фрагменты леса из *Tilia cordata* распространены в верховьях р. Чанты Аргуна и Шаро-Аргуна, где образуют почти чистые насаждения с примесью *Padus racemosa, Rosa oxyodon, Sorbus aucuparia, Ribes biebersteinii, Corylus avellana, Sorbusb graeca* (Галушко, 1975).

В грабово-буковой формации микобиота ксилотрофов представлена 160 видами из 35 семейств, 13 порядков и двух классов, преобладает класс Basidiomycetes. Из них съедобными являются 51 вид, ядовитыми четыре вида. Ведущим семейством также является Poluporaceae и содержит в этой формации 34 вида. Узкоспецифичные виды к буковой древесине представлены *Porodalea conchata* (Pers.: Fr.) Fiasson., Gloephyllum trabeum (Pers.:Fr.) Murr., *Mycena galericulata* (Scop.: Fr.) SF Gray. Из «краснокнижных видов» в этой формации произрастают *Hericum coralloides* (Fr.) Pers., *Grifola frondosa* (Dicks.) *Gra* и *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., вид редкий для Кавказа и России в целом, популяция малочисленная и произрастает на территории подверженной антропогенной нагрузке, вид рекомендован в для внесения в «Красную книгу Чеченской Республики». Видовое богатство микобиоты грабово–буковых формаций характерно для всей западной части Центрального Кавказа (Крапивина, Шхагапсоев, 2009).

Верхнюю часть лесного пояса занимают мелколиственные леса – березняки, ольшаники, осинники, кленовники. Березняки представлены *Betula pendula* и *B. pubescens*, а в области Скалистого хребта преимущественно *Betula raddeana*. В нижней части берез-

няков экземпляры берёзы высокоствольные, в верхней части образуют берёзовые криволесья, где в их состав входят *Juniperus hemisphaerica* и *Rhododendron caucasicum*. Нижняя часть березняков содержит немало кустарников, кустарничков и полукустарников – *Ribes biebersteinii, Salix caprea, S. pentandra, Rhododoccum vitis-idaea, Vaccinium myrtillus, Linnaea borealis*. Как вторичное явление в результате вырубки лесов в верхней части лесного пояса развиты заросли из *Rhododendron luteum*, заходящие в субальпийский пояс. Ольшаники из *Alnus glutinosa* и *A. incana* занимают увлажнённые места, осинники из *Populus tremula* встречаются фрагментами. В отдельных районах переходную ступень от лесного к субальпийскому поясу занимают парковые леса из *Acer trautvetteri*, к которому примешаны *Betula pendula, B. raddeana, Sorbus aucuparia*.

В формации мелколиственных лесов микобиота ксилотрофов представлена 75 видами из 35 семейств, 13 порядков и двух классов, преобладает также класс Basidiomycetes. Из них съедобными являются 13 видов, ядовитыми четыре вида. Ведущим семейством также является Poluporaceae и содержит в этой формации 17 видов. Узко специфичным видом на березовой древесине представлен *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst.

В пойменных лесах из *Alus glutinosa*, и ивняках из *Salix caprea*, в кривоствольных вейниково-разнотравных березняках верхней границы леса встречаются *Rhodophyllus abortivus* (Berk.: Curt.) Sing, Coprinus comatus (O.F. Müll.) Pers., *Marasmius epiphyllus* (Pers.) Fr., *Onnia tomentosa* (Fr.) P. Karst., *Gloephyllum trabeum* (Pers.:Fr.) Murr. *Trametes suaveleus* (L.: Fr.) Fr., Collybia dryophila (Bull.) P. Kumm., *Collybia dryophila* (Bull.) P. Kumm. В осинниках из *Populus tremula* отмечен *M. epiphyllu*s (Pers.) Fr.

Хвойные леса в республике – редкое явление. Они состоят из *Pinus sosnovskii* и распространены в верховьях Чанты-Аргуна и правых притоков Ассы, а также фрагментарно в области Скалистого хребта. В сосняках встречаются такие представители дендрофлоры, как J*uniperus oblonga, Rosa oxyodon, Ribes biebersteinii, Rubus buschii, Sorbus aucupar*ia.

В хвойной формации микобиота ксилотрофов представлена 60 видами из 28 семейств, 12 порядков и двух классов, преобладает также класс Basidiomycetes. Из них съедобными являются 7 видов, ядовитыми два вида. Ведущим семейством также является Poluporaceae и содержит в этой формации 10 видов, Mycenacea содержит 7 видов. Узкоспецифичные виды в этой формации *Collybia dryophila* (Bull.) P. Kumm, Mycena vulgaris (Pers.) P. Kumm., Pholiota mutabilis Quel., Stropharia merdaria (Fr.) Quél, Inonotus obliquus (Ach. ex Pers.) Pilát, I. hispidus (Bull.) P. Karst. Sarcodon inbricatum (L.: Fr.) Karst. Из «краснокнижных видов» в этой формации произрастет Sparasiss crispa (Jacq.) Fr, вид рекомендован в для внесения в «Красную книгу Чеченской Республики».

Во всех типах леса встречаются следующие виды: *Cudonia circinans* (Pers.) Fr., *Mycena crocate* (Schrad.: Fr.) Kumm., *M. rosell*a (Fr.) P. Kumm., *Lycoperdon exipuliformes* (Scop: Pers.) Perde, *L. perlatum* Pers.: Pers., *L. pyriforme* Sch.: Pers., *Psathyrella candolleana* (Fr.: Fr.) Maire, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Oudemansiella mucida* (Schrad.) Höhn., *Paxillus involutus* (Batsch.: Fr.) Fr., *Scleroderma aurantium* Pers., *Crepidotus applanatus* (Fr.) Kumm. (C. scalaris Risken), C. mollis (Schaeff.:Fr.) Staude, *Ganoderma lipsiense* (Batsch) G.F. Atk, *Clavicorona pyxidata* (Pers.) Doty, *Pycnoporus cinnabarius* (Jacq.: Fr.) Karst, *Pleurotus cornucopiae* (Paulet) Rolland, *P. salignus* sensu Massee, *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt. и др.

Список литературы

1. Галушко А.И. Растительный покров Чечено-Ингушетии. Чечено-Ингушское книжное изд-во. 1975: 175 с.
2. Крапивина Е.А., Шхагапсоев С.Х., Приуроченность биоты макромицетов к основным лесным формациям западной части Центрального Кавказа. Хвойные бореальной зоны. 2009; 26(1): 94-7
3. Тайсумов М.А., Омархаджиева Ф.С. Анализ флоры Чеченской Республики. Грозный. АН ЧР. 2012: 320 с.

ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОМИЦЕТОВ ЦЕЛИННОГО И ПАРУЮЩЕГО ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Кувшинова Н.М., Потапова О.П., Свистова И.Д.
Воронежский государственный педагогический университет

Микромицеты во многом определяют структурную и функциональную активность почвенного микробного сообщества. Актуальной проблемой является изучение влияния не только типа почвы, но и типа фитоценоза на видовой состав микромицетов [1].

Цель работы – изучение состава, структуры и эколого-биологических особенностей комплекса микромицетов чернозема выщелоченного в различных природных экосистемах: целина с разнотравно-злаковой растительной ассоциацией и почва без растений.

Объект исследования – чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный среднесуглинистый. Содержание гумуса 4,4–5,2%; актуальная кислотность $pH_{водн}$. 6,0–6,2; обменная кислотность pH KCl 5,5–5,7; гидролитическая кислотность 2,4–3,1 мг·экв/100 г, сумма поглощенных оснований 27,1–29,4 мг·экв/100 г, степень насыщенности катионами 74–80%. Пробы почвы отбирали из слоя 0–20 см во 2-й декаде июля в течение трех лет. Микроскопические грибы выделяли

на агаризованной среде Чапека pH 4,5, идентифицировали по соответствующим определителям. Выделяли типичные (доминанты, часто и редко встречающиеся) и случайные виды. Структуру комплекса определяли по частотам пространственной и временной встречаемости, а также плотности видов [2].

Всего в ранге типичных из чернозема нами было выделено 24 вида грибов, относящихся к 3 классам, 7 семействам и 19 родам. Класс Zygomycetes представлен родами *Mucor* и *Rhizopus*, класс Ascomycetes – родами *Chaetomium* и *Talaromyces*. Преобладающее количество видов микромицетов относятся к семейству Moniliaceae класса Deuteromycetes (грибы с бесцветным мицелием). К ним относятся представители родов *Penicillium, Paecilomyces, Acremonium, Cephalosporium, Botrytis, Sporotrichum, Trichoderma, Gliocladium*. Семейство Dematiaceae (грибы с темнопигментированным мицелием) представлено двумя родами: *Alternaria* и *Humicola*. Из семейства Tubercul ariaceae (грибы с многоклеточными конидиями) выделены виды рода *Fusarium*.

Видовой состав комплекса микромицетов чернозема выщелоченного представлен в табл. 1.

В целом, видовое разнообразие комплекса микромицетов чернозема выщелоченного оказалось значительно выше, чем дерново-подзолистой почвы [3]. Это определяется климатическими условиями степной зоны, высоким содержанием гумуса и состоянием ППК, обеспечивающим структурированность почвы.

Видовая структура комплекса микромицетов чернозема отражена в табл. 2.

Из парующей почвы в ранге типичных нами было выделено 13 видов микромицетов. В качестве доминантов в этом варианте опыта выделены 3 вида – представители сем. Moniliaceae кл. Deuteromycetes: *Paec. lilacinum, Acr. alternatum, Ceph. acremonium*. Это психрофильные стенотопные для степной зоны виды с бесцветным сегментированным мицелием. В ранге типичных частых выделены 3 вида, остальные – типичные редкие. Среди них эвритопные виды микромицетов *P. tardum* и *P. simplicissimu*s, широко распространенные и в других типах почв.

Таблица 1. Видовой состав микромицетов чернозема выщелоченного в вариантах опыта.

Семейство	Род	Вид	
		на пару	на целине
Класс Zygomycetes			
Mucoraceae	*Mucor*	*M. hiemalis*	
	Rhizopus		*Rh. stolonifer*
Класс Ascomycetes			
Chaetomiaceae	*Chaetomium*	*Ch. piluliferum*	*Ch. piluliferum*
Trichocomataceae	*Talaromyces*	-	*Tal. flavus*
Класс Deuteromycetes			
Moniliaceae	*Paecilomyces*	*Paec. lilacinum*	*Paec. lilacinum*
	Aspergillus	*A. terreus*	*A. candidus, A. ustus* *A. wentii, A. alliaceus*
	Penicillium	*P. tardum* *P. simplicissumus* *P. funiculosum, P. daleae*	*P. tardum* *P. simplicissimus* *P. funiculosum, P. expansum*
	Acremonium	*Acr. alternatum*	*Acr. alternatum*
	Cephalosporium	*C. acremonium*	*C. acremonium*
	Botrytis	-	*Botrytis cinerea*
	Sporotrichum	-	*S. piluliferum*
	Trichoderma	*T. koningii*	*T. koningii*
	Gliocladium.	-	*G. virens*
Dematiaceae	*Alternaria*	-	*Alt. alternata*
	Humicola	-	*H. grisea*
Tuberculariaceae	*Fusarium*	*F. solani, F. oxysporum*	*F. solani*
Группа Mycelia sterilia			
-	*Rhizoctonia*	-	*Rhiz. solani*

Таблица 2. Структура комплекса типичных микромицетов чернозема выщелоченного.

Ранг видов	на пару	на целине
доминанты	*P. tardum* *Paec. lilacinim* *Acr. alternatum*	*C. acrenium, Acr. alternatum* *P. tardum, P. expansum* *P. simplicissimus, Paec. lilacinum* *F. solani, T. koningii*
типичные частые	*T. koningii, P. daleae* *A. terreus*	*A. candidum, A. ustus, B. cinerea* *S. piluliferum, Ch. piluliferum* *Alt. alternata, H. grisea, G. virens*
типичные редкие	*C. acremonium, Ch. piluliferum* *F. solani. F. oxysporum,* *M. hiemalis* *P. funiculosum, P. simplicissimus*	*Rh. stolonifer, A. wentii, A. alliaceus* *Tal. flavus, Rhiz. solani* *P. funiculosum*

Наличие целлюлолитических и лигнолитических видов грибов *T. koningii, A. terreus, Ch. piluliferum*, видов рода *Fusarium* свидетельствует о том, что на пару завершается разложение мортмассы растений, а также микробной биомассы. Медленно растущие олиготрофные виды *P. daleae* и *C. acremonium* завершают минерализацию органики. Широкий спектр экологических стратегий комплекса типичных микромицетов парующего чернозема выщелоченного соответствует адаптивной зоне «гомеостаза» [3].

Из целинной почвы под разнотравно-злаковой растительной ассоциацией в ранге типичных нами был выделен 21 вид микромицетов. По-видимому, возрастание видового богатства комплекса почвенных грибов в природной экосистеме определяется тем, что сложившаяся климаксная растительная ассоциация поставляет в почву разнокачественные растительные остатки, которые разлагаются многими видами грибов. Из них в ранге доминантов выделены 8 видов, в ранге часто встречающихся – также 8 видов.

Среди доминантов и часто встречающихся видов возрастала доля как стенотопных видов (*A. alliaceus, A. candidum, A. ustus*), характерных для лесостепной зоны, так и эвритопных видов (*P. expansum, H. grisea, G. virens*).

По экологической стратегии спектр типичных грибов на целинном участке расширялся за счет быстро растущих копиотрофных видов – сем. Mucoraceae *(Rhizopus stolonifer*), а также целлюлозо-разрушающих грибов родов *Aspergillus, Penicillium, Trichoderma, Sporotrichum, Chaetomium, Humicola, Talaromyces и фитопатогенов родов Alternaria, Botrytis* и стерильного мицелия (*Rhizoctonia solani*), которые в парующей почве были случайными.

Наряду с ростом видового богатства и индекса разнообразия Шеннона (показатели α-разнообразия комплекса типичных видов), отмечалось явление «концентрации доминирования» за счет снижения плотности случайных видов с 57 до 33% (табл. 3).

Таблица 3. Показатели биоразнообразия комплекса типичных микромицетов.

Показатели	на пару	на целине
Количество типичных видов	13	21
Из них доминантов и часто встречающихся	6	16
Суммарная плотность типичных видов	43	67
Суммарная плотность случайных видов	57	33
Индекс видового разнообразия H	2,9	3,8
К сходства Серенсена	1,0	0,7

Обнаруженные изменения комплекса микромицетов (перегруппировка по степени доминирования) соответствуют адаптивной зоне «стресса» по принятой в микологии градации [3]. Коэффициент Серенсена (показатель β-разнообразия изучаемых комплексов микромицетов) указывает на среднюю степень сходства.

Таким образом, влияние фитоценоза на комплекс микромицетов чернозема выщелоченного в природных экосистемах оказывается значительным и выражено в стрессовой реакции (перегруппировка типичных видов по степени доминирования, расширение доли типичных видов за счет ризодепозитов растений, с одновременным снижением доли случайных видов).

Список литературы

1. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука. 2007: 215 с.
2. Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: МГУ. 1988: 220 с.
3. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М: Академия. 2005: 445 с.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Левитин М.М.
ВНИИ защиты растений, Санкт-Петербург – Пушкин

Кроме температурных изменений произошли глобальные изменения с эмиссией активных газов, особенно CO_2. Такой концентрации CO_2 как сейчас не было за последние 650000 лет (Chakraborty, Newton, 2011). Особенно стремительно она увеличивается с 1750 г. Если в 1750 г. концентрация CO_2 в атмосфере составляла 280 ppm, то в 2000 г. она достигла 368, а концу столетия составит 800 ppm (Meehl et al., 2005).

По оценочным данным из-за глобального изменения климата Россия в ближайшие 5 – 10 лет ежегодно будет терять до 20% зерна. Согласно некоторым прогнозам, к 2050 г. урожаи кукурузы, риса и пшеницы понизятся на 25%. Изменение климата может привести не только к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, но и к угрозе для экосистем и биологического разнообразия. Человечеству впервые предстоит встретиться со столь быстрыми изменениями климата и его последствиями. Высказывается мнение, что приблизительно 30–40% видов растений и животных могут исчезнуть, поскольку среда обитания будет изменяться быстрее, чем они приспособятся к этим изменениям.

Повышенные температуры воздуха будут способствовать ускорению естественного разложения органического вещества почвы, снижая ее плодородие Повышение температуры может привести к изменению географического распространения различных видов. Примером может служить сценарий с возбудителем фузариоза колоса зерновых культур грибом *Fusarium graminearum* Schwabe. Исторически его основное местообитание в России Северный Кавказ и Дальний Восток. Этот гриб с низкой частотой проявлялся на зерновых культурах в ЦЧО и центре России. Однако, начиная с 2003 г, *F. graminearum* появился в комплексе патогенов, вызывающих фузариоз зерновых культур, возделываемых на территории Северо-Запада России (Гагкаева и др., 2009).

Первоначально он был выявлен в Ленинградской обл., в 2007 г. – в Вологодской, Кировской и Новгородской, в 2008 г. – в Калининградской и Псковской областях. При этом количество образцов с фузариозной инфекцией на севере Нечерноземья в среднем составляло в 2007 г. 93,3%, в 2008 г. – 87,3 % (Гаврилова, Гагкаева, 2010). В последние годы *F. graminearum* стал доминирующим видом на зерновых в Нидерландах (Waalwijk et al., 2003), Англии (Jennings et al., 2004) и Северной Германии (Miedaner et al., 2008). Смена доминирования видов при изменении температуры окружающей среды описана для Северной Италии (Magan et al., 2011). В этой зоне на кукурузе преобладал гриб *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. Оптимум для роста этого вида составляет 25–30 °С. В 2003–2004 гг. было жаркое и сухое лето. Доминирующим видом стал гриб *Aspergillus flavus* Link ex Gray, толерантный к температуре 35 °С. При этом температура выше 30 °С способствовала продуцированию афлатоксинов.

Изменения климата могут повлиять на биоэкологию возбудителей болезней. Колебания по чувствительности к температуре могут быть в пределах одного рода грибов. Например, возбудители ржавчины пшеницы различаются по требованиям к температуре: желтая ржавчина развивается при температуре 2–15 °С, бурая – 10–30°С и стеблевая – 15–35° (Garrett et all, 2006). Умеренно теплые зимы могут способствовать выживанию грибов из родов *Alternaria, Cercospora, Colletotrichum, Phomopsis, Septoria, Venturia*. Более высокие температуры зимой способствуют сохранению стеблевой ржавчины *Puccinia graminis* Pers. и увеличению последующего развития болезни на *Festuca arundinaceae* и *Lolium perenne* (Pfender, Vollmer, 1999). В меньшей степени будут затронуты климатическими факторами почвенные грибы родов *Pythium, Rhizoctonia, Sclerotinia* и др., поскольку они формируют зимующие структуры, которые защищают их от внешних воздействий. По мнению исследователей, более теплый летний период будет способствовать развитию видов рода *Podosphaera, Sphaerotheca, Uncinula* и *Ustilago* (Agrios, 2005). Повышение температуры воздуха может привести к уменьшению латентного периода, как например, у возбудителя септориоза пшеницы Septoria tritici (Shaw, 1990). Особое внимание в последние годы уделяется влиянию климатических факторов на продуцирование токсигенными грибами микотоксинов (Magan et all, 2011). В частности, показано, что концентрация микотоксинов в зерне увеличивается в дождливые дни и в дни, когда влажность превышает 75%, но уменьшается при температуре ниже 12° или выше 32 °С (Schaafsma et. all, Hooker, 2007). Увеличение концентрации CO_2 будет способствовать повышению биомассы инокулюма возбудителей фузариоза колоса зерновых культур. Однако 30%-ная концентрация CO_2 может ингибировать синтез фумонизина грибом *V. verticillioides* (Samapundo et all., 2007). Поэтому для ограничения роста гриба и накопления в зерне микотоксинов используются очень высокие концентрации CO_2.На основании модели, Ж. Мадгвик с соавт. (Madgwick et all, 2011), высказывает мнение, что к 2050 г. в европейских странах значительно возрастет число эпидемий, вызываемых токсигенными грибами.

Изменения климата коснутся не только возбудителей болезней, но и растений-хозяев. При повышенных температурах могут происходить изменения в метаболизме РНК и синтезе белка, а также в функционировании различных ферментов. Известно, что растения после стресса часто становятся более восприимчивыми к болезням. Это несомненно скажется на поражении их паразитами. Исследования показывают, что такие растения, как пшеница и овес, с увеличением темпера-

туры становятся более восприимчивыми к патогенам, но некоторые разновидности зерновых с увеличением температуры становятся более устойчивыми (Coakley et all, 1999). Под действием повышенной температуры у возбудителей, находящихся в живых растениях, могут изменяться продолжительность инкубационного периода и интенсивность заражения. Температура может оказать серьезное влияние на эффективность генов устойчивости. Например, температура выше 20 °С может вызывать инактивацию устойчивости к стеблевой ржавчине сортов овса с генами Pg3 и Pg4 (Martens et all, 1967). Температура может оказывать влияние и на функционирование генов вирулентности паразита.

Неоднозначна роль CO_2 в восприимчивости растений к болезням. При повышении концентрации CO_2 увеличивается восприимчивость риса к грибу Magnaporthe oryzae Briosi et Cavara. Однако известны примеры, когда повышение уровня CO_2 приводит к индукции фитоалексинов, обеспечивая тем самым устойчивость к патогенам (Braga et all, 2006). Различные климатические факторы могут повлиять на функционирование ретранспазонов в грибных организмах, например, в грибах *Fusarium oxysporum* Schltdl., Ophiostoma ulmi (Buisman) Melin et Nannfeldt и *O. nonoulmi* Brasier (Anaya, Roncero 1996; Bouvet et all, 2008).

Каков же может быть прогноз, вернее сценарий развития болезней в связи с глобальным потеплением? На ячмене и ржи, вероятно, усилится развитие ринхоспориоза. Заболевание лучше развивается при высоких температурах и засушливых условиях (Rotem et all, 1978). Увеличится вредоносность мучнистой росы на серых хлебах, поскольку возбудитель болезни любит сухие и теплые климатические условия. На овсе усилится распространенность и вредоносность красно-бурой пятнистости. В 2003–2005 гг. ее развитие уже достигало 70 %.

Изменения климата, несомненно, должны учитываться при разработке стратегии защиты растений от болезней. Необходимо понимать, что глобальное изменение климата приведет к перестройке всех геосистем. Этому следует. противодействовать, чтобы избежать необратимых последствий для природы, экономики и общества.

Список литературы

1. Chakraborty S, Newton AC. Climat change, plant diseases and food security: an overview. Plant Pathol. 2011; 60(1): 2-14.
2. Meehl GA, Washington WM, Collins WD et all. How much more global warming and sea level rise? Science. 2005; 307(5716): 1769-72.
3. Гагкаева Т.Ю., Левитин М.М., Санин С.С., Назарова Л.Н. Зараженность зерна и видовой состав грибов рода Fusarium на территории РФ в 2004–2006 годах. Агро XXI. 2009; 4–6: 3-5.
4. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. Фузариоз зерна на севере Нечерноземья и в Калининградской области в 2007–2008 гг. Защита и карантин раст. 2010; 2: 23-5.
5. Waalwijk C, Kastelein P, De Vries et all. Major changes in Fusarium spp. in wheat in the Netherlands. Europ J Plant Pathol. 2003; 109(P): 743-54.
6. Jennings P, Coates ME, Walsh K et all. Determination of deoxynivalenol- and nivalenol-producing chemotypes of Fusarium graminearum isolates from wheat crops in England and Wales. Plant Pathol. 2004; 53(5): 643-52.
7. Miedaner T, Cumagun CJR, Chakraborty S. Population genetics of three important heat blight pathogens Fusarium graminearum, F. pseudograminearum and F. culmorum. J Phytopathol. 2008; 156(3): 129-39.
8. Magan N, Medina A, Aldred D. Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. Plant Pathol. 2011; 60(1):150-63.
9. Garrett KA, Dendy SP, Frank EE et all. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. Annu Rev Phytopathol. 2006; 44: 489-509.
10. Pfender WF, Vollmer SS. Freezing temperature effect on survival of Pucciniagraminis subsp. graminicola in Festuca arundinacrea and Lolium perrenne. Plant Dis. 1999; 83(11): 1058-62.
11. Agrios GN. Plant Pathology. Elseiver; Acad Press. 2005: 952 p.
12. Shaw MW. Effects of temperature, leaf wetness and cultivar on the latent period of Mycosphaerella graminicola on winter wheat. Plant Pathol. 1990; 39(2): 255-68.
13. Schaafsma AW, Hooker DC. Climatic models to predict occurrence of Fusarium toxins in wheat and maize. Intern. J Food Microbiol. 2007; 119(1-2): 116-25.
14. Samapundo S, De Meulenaer B, Atukwase A et all. The influence of modified atmospheres and their interaction with activity on the radial growth and fumonisin B1 production of Fusariuim verticilllioides and F. proliferatum on corn. Pt 1: The effect on initial headspace carbon dioxide concentration. Intern J Food Microbiol. 2007; 114(2): 160-7.
15. Madgwick JW, West JS, White RP. et all. Impacts of climate change on wheat anthesis and fusarium ear blight in the UK. Eur J Plant Pathol. 2011; 130(1): 117-31.
16. Coakley SM, Scherm H, Chakraborty S. Climate change and plant disease management. Annu Rev Phytopathol. 1999; 37: 399-426
17. Martens JW, McKenzie RH, Green G.J. Thermal stability of stem rust resistance in oat seedlings. Can J. Bot. 1967; 45(4): 451-58.
18. Braga MR, Aidar MPM, Marabesi MA., de Godoy JRL. Effects of elevated CO_2 on the phytoalexin production of two soybean cultivars differing in the resistance to stem canker disease. Env Exp Bot. 2006; 58: 85-92.
19. Anaya N, Roncero MG. Stress-induced rearrangement of Fusarium retrotransposon sequences. Mol Gen Genet. 1996; 253(1-2): 89-94.
20. Bouvet GF, Jacobi V, Plourde KV, Bernier L. Stress-induced mobility of Ophio 1 and Ophio 2, DNA transposons of the dutch elm disease fungi. Fungi Gen. Biol. 2008; 45(4): 565-78.
21. Rotem J, Cohen Y, Bashi E. Host and environmental influences on sporulation in vivo. Annu Rev Phytopathol. 1978;16: 83-101.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ *BACILLUS MEGATERIUM* И *TRICHODERMA* SP.

Лисина Т.О.
ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург

Биопрепараты на основе микроорганизмов применяются в качестве средств защиты растений от фитопатогенов, стимуляторов роста и развития растений и т.д. Для создания эффективных препаратов на основе консорциума микроорганизмов важно оценить их взаимодействие между собой.

Ранее нами были выделены штаммы – споровая бактерия *Bacillus megaterium* 501 – деструктор ряда фосфорорганических инсектицидов и гербицида прометрина, и микромицет *Trichoderma* sp, Выявлены их стимулирующее действие на развитие растений и антифунгальные свойства. Показана хорошая приживаемость их в ризосфере растений огурца при интродукции в грунт перед посевом семян.

Настоящая работа посвящена оценке взаимодействия обоих микроорганизмов в модельной системе в условиях отсутствия аборигенной микрофлоры в зависимости от ряда факторов.

Работу проводили с мутантным штаммом *B. megaterium* 501, устойчивым к антибиотику рифампицину, и микромицетом *Trichoderma* sp.

В лабораторном опыте оценивали поведение бациллы и триходермы в стерильном торфе при инкубировании в различных температурных условиях. Верховой торф низкой степени разложенности, произвесткованный до pH 7,0, помещали в стеклянные емкости, стерилизовали и инокулировали двухсуточной жидкой культурой *B. megaterium* и 3-суточной жидкой культурой *Trichoderma* sp. Инкубировали в течение 40 сут при 4, 26 и 37 °C и постоянной влажности (50% от полной влагоемкости). Численность микроорганизмов оценивали общепринятым методом с использованием для посева агаризованной среды. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Как видно, наилучшая сохранность бациллы наблюдалась при температуре 4 °C, причем, часть клеток

Таблица 1. Влияние температурного режима инкубации на численность *B. megaterium* 501 и *Trichoderma* sp. в стерильном торфе (КОЕ·10^6/г)

Температура, °C	Срок анализа, сут					
	0	10	40			
	B. meg.	Trich.	B. meg.	Trich.	B. meg.	Trich.
4	1100* 285	57	1600 1500	110	1000 1000	75
26	1100 250	62	810 810	410	375 375	110
37	1900 180	91	1200 1200	110	360 360	90

Примечание: * – В числителе – общее количество микроорганизмов; в знаменателе – споры

через 10 сут находилась в активном состоянии. В условиях более высокой температуры (26 и 37 °C) произошло снижение жизнедеятельности бациллы, проявляющееся в переходе вегетативных клеток в покоящееся состояние.

Что касается триходермы, ее численность через 10 сут увеличилась почти в 2 раза при 4 °C, в 7 раз – при 26 °C и осталась без изменений – при 37 °C. Через 40 сут количество триходермы снизилось и стабилизировалось примерно на одном уровне. Достаточно высокий титр обоих микроорганизмов в стерильном торфе без добавок свидетельствует о нейтральном типе взаимоотношений между ними.

Ранее было показано, что при внесении в стерильный торф, инокулированный бациллой и триходермой, органических добавок (солома и кукурузная мука), отмечалось хорошее развитие триходермы, а численность бациллы снижалась, что могло быть связано с таким неблагоприятным для бациллы фактором, как подкисление субстрата вследствие утилизации триходермой органических добавок, выявлена целлюлозолитическая активность микромицета.

В лабораторном опыте проведена оценка поведения бациллы и триходермы в стерильном торфе в присутствии дрожжевого экстракта – источника витаминов и аминокислот и мелассы. Исходный титр бациллы на момент внесения органических добавок был высоким. Через 10 и 40 сут оценивали численность и состояние клеток бациллы и титр триходермы. Результаты представлены в табл. 2

Дрожжевой экстракт стимулировал прирост бациллы за первые 10 сут инкубации, причем, почти

Таблица 2. Влияние органических добавок на поведение *B. megaterium* 501 и *Trichoderma* sp. (КОЕ×10^6/г)

Вариант	Срок анализа, сут					
	Исх.	10	40			
	B. meg.	Trich.	B. meg.	Trich.	B. meg	Trich.
контроль без добавок	1100* 285	57	810 810	410	375 375	75
дрожжевой экстракт	1000 400	78	12500 1600	500	470 385	100
меласса	2100 270	51	3200 3200	320	740 740	120

Примечание: *–В числителе – общее кол-во микроорганизмов; в знаменателе – споры.

90% клеток были в активном состоянии. Через 40 сут отмечено снижение количества бациллы, но численность вегетативных клеток оставалась на достаточно высоком уровне и составила 8,5×10^7 кл/г торфа при общем титре 4,7×10^8 кл/г. В присутствии мелассы к 10ти суткам титр бациллы увеличился вдвое в сравнении с вариантом без добавок, но произошло массовое спорообразование. Триходерма практически не отреагировала на внесение органических добавок.

В лабораторном опыте оценивали влияние медьсодержащего фунгицида (медного купороса) на поведение бациллы и триходермы при их совместном инкубировании в нестерильном торфе. Известкованный верховой торф (pH 7,0) помещали в пластмассовые емкости, обрабатывали водным раствором фунгицида до концентрации 109 (производственная доза) и 100 мг/кг, инокулировали жидкими культурами триходермы и рифампицинустойчивого штамма бациллы и инкубировали при 26 °С. В динамике через 7 и 14 сут учитывали численность бациллы, триходермы и аборигенной микрофлоры. Результаты представлены в табл. 3.

Как видно, медный купорос не оказал отрицательного действия на численность бациллы. Напротив, к семи суткам отмечено даже некоторое повышение ее титра в сравнении с контрольным вариантом. К тому же фунгицид способствовал поддержанию части клеток бациллы в активном состоянии на протяжении всего срока инкубации, в то время как в контроле она быстро перешла в покоящееся состояние.

В случае с триходермой сначала происходило увеличение ее численности, но во всех вариантах опыта в присутствии фунгицида прирост был вдвое ниже, чем без него. В последующем наблюдалась тенденция к снижению титра триходермы, причем наиболее существенно в варианте с высокой дозой купороса.

Следует отметить сильную зараженность торфа микрофлорой, представленной, в основном, актиномицетами и грибами. Титр аборигенной микрофлоры достигал 10^9 кл/г. На ее численность в сторону снижения оказала влияние инокуляция.

Тот факт, что присутствие медного купороса не оказало существенного влияния на количество бациллы и триходермы в нестерильном торфе, свидетельствует

Таблица 3. Влияние медьсодержащего фунгицида (медного купороса) на численность *B. megaterium и Trichoderma* sp. (КОЕ×10^6/г)

Вариант	Срок анализа, сутки								
	0	7	14						
	B.	Tr.	Абор. микр.	B.	Tr.	Абор. микр.	B.	Tr.	Абор. микр.
Без инокуляции, без $CuSO_4$		2300				11000*			7000 5200
Инокуляция, без $CuSO_4$	11 0,004	7,8	2300	17 17	33,5	3000	20 20	15	6250 3400
Инокуляция, $CuSO_4$ 10 мг/кг	11 0,004	7,8	2300	25 20	18,5	6250	18 15	11	4500
Инокуляция, $CuSO_4$ 100 мг/кг	11 0,004	7,8	2300	22 17	15	7250	20 18	7	2700

Примечание: * – В числителе – общее количество микроорганизмов; в знаменателе – споры

о возможности применения этих микроорганизмов в условиях обработки торфяных грунтов фунгицидом с целью повышения устойчивости растений.

Выявлена антифунгальная активность торфяного субстрата, инокулированого *B. megaterium* и *Trichoderma* sp., по отношению к *Fusarium oxysporum* и *Penicillium* sp. (рис. 1).

Таким образом, показано, что в стерильном торфяном субстрате титр *B. megaterium* и *Trichoderma* sp. оставался высоким при всех испытанных температурах (4, 26, 37 °С) инкубации на протяжении 40 сут.

Присутствие фунгицида (медного купороса) в торфяном субстрате, инокулированном бациллой и триходермой, не привело к снижению их численности и способствовало поддержанию бациллы в активном состоянии.

Дополнительное внесение дрожжевого экстракта в торфяной субстрат приводило к поддержанию *B. megaterium* в жизнеспособном состоянии.

АРЕАЛ И ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕЙ И ЮЖНОЙ СИБИРИ

Литовка Ю.А.
Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

В настоящее время описание видов *Fusarium*, распространенных на территории России, касается преимущественно ее европейской и дальневосточной части, тогда как сведения о видовом составе, ареале и биологических особенностях рода *Fusarium* в сибирском регионе малочисленны. В связи с чем проводили многолетние исследования этой группы грибов на территории Средней и Южной Сибири в период с 1999 по 2013 гг. в лесных питомниках, агро- и лесных ценозах.

Материалом для выделения грибов служили почвы, имеющие практическую значимость для лесной и сельскохозяйственной отрасли региона; сеянцы и семена хвойных и злаковых растений; опад; хвоя и плодовые тела макромицетов. Выделение из ризоплана осуществляли методом водных смывов; из почвы – методом разведений; из семян и корневой системы – методом накопления во влажной камере [1–3]. Видовую идентификацию проводили по таксономической системе П. Нельсона с соав. [4] с учетом данных Лесли, Саммерелл [5] по совокупности микро-, макроморфологических, культуральных и молекулярно-генетических особенностей. Для определения значимости видов применяли критерии пространственной и временной частот встречаемости [6].

В ходе проведенного исследования установлено, что грибы рода *Fusarium* являются постоянными обитателями лесопитомников, при этом 45% культур изолированы из корневой системы больных сеянцев, 35% – из ризосферной почвы, 20% – из семян. Из исследуемого материала *Larix sibirica* и *Pinus sylvestris* выделено 28 и 27% штаммов; из *Picea obovata* и *Pinus sibirica* – 23 и 22% соответственно. Видовой состав представлен 13 видами: *F. acuminatum, F. avenaceum, F. dimerum, F. equiseti, F. heterosporum, F. oxysporum, F. redolens, F. sambucinum sensu lato, F. semitectum, F. solani, F.sporotrichioides, F. tricinctum и G. fujikuroi* (*F. proliferatum и F. subglutinans*). Доминирующее положение занимает *F. sporotrichioides* (24%); на долю комплекса видов *F. oxysporum, F. solani* и *G. fujikuroi* приходится 15, 11 и 9% соответственно; представленность остальных видов 2–7%.

При движении с севера на юг отмечены изменения видового состава и значимости отдельных видов. В северных питомниках (южная тайга) видовой состав наиболее скуден; доминирующие виды отсутствуют; обнаружены виды *F. dimerum* и *F. redolens*, характерные только для этой лесорастительной зоны. В южных лесопитомниках (горно-черневая тайга и южно-сибирская горная тайга) количество видов увеличивается; доминирующие виды отсутствуют; возрастает значимость *F. equiseti*; появляется вид *F. acuminatum*. В центральных лесных питомниках видовой состав максимально разнообразен и практически идентичен; доминирующим видом является *F. sporotrichioides* (рис. 1).

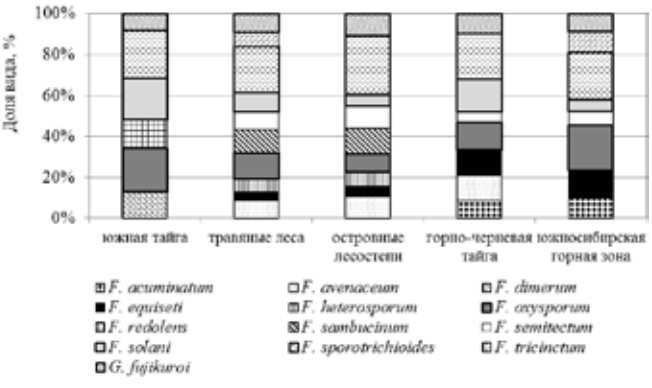


Рисунок 1. Видовой состав грибов *Fusarium* в лесопитомниках Средней и Южной Сибири

Только 4 вида из 13 встречаются на всей исследуемой территории: *F. sporotrichioides* доминирует в центральном районе и является типичным частым в северных и южных питомниках; *F. oxysporum* – типично частый вид на всей территории; *F. solani* – типично частый только в зоне южной тайги; представители комплекса *G. fujikuroi* – типично редкие и случайные, при этом в центральной части преимущественно выделяется *F. subglutinans*, а в южных лесопитомниках – *F. proliferatum*.

Видовой состав грибов рода *Fusarium* в лесных биоценозах представлен 9 видами: *F. acuminatum,*

F. avenaceum, F. equiseti, F. oxysporum, F. semitectum, F. solani, F. sporotrichioides, F. tricinctum и *G. fujikuroi.* Максимальное видовое разнообразие отмечено в почвенных образцах, где наиболее значимы *F. oxysporum, F. solani* и *F. sporotrichioides* (15–18 %); на образцах хвои чаще обнаруживаются виды *F. equiseti, F. sporotrichioides* и *G. fujikuroi* (17%); на плодовых телах макромицетов доминируют *F. semitectum* и *F. sporotrichioides* (31%). Качественный состав и представленность отдельных видов при движении с севера на юг также претерпевают изменения (рис. 2).

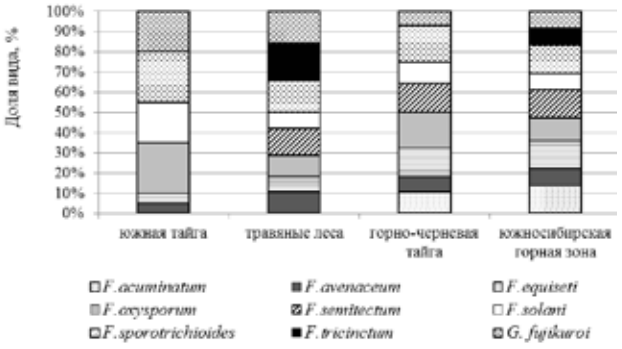


Рисунок 2. Видовой состав грибов рода *Fusarium* в лесных биоценозах Средней и Южной Сибири

В северной части доминирующее положение занимают виды *F. oxysporum* и *F. sporotrichioides* (25%); в центральной – наиболее значимы *F. tricinctum* (18%), *F. sporotrichioides* и *G. fujikuroi* (16%); на юге Красноярского края максимальной частотой встречаемости характеризуются виды *F. sporotrichioides* и *F. oxysporum* (18%), увеличивается доля *F. equiseti* и *F. semitectum* (14%), появляется вид *F. acuminatum* (11%); южнее, на территории Республики Тыва, продолжает увеличиваться значимость вида *F. acuminatum* (14%), представленность которого сопоставима с *F. equiseti, F. semitectum и F. sporotrichioides*.

Комплекс грибов рода *Fusarium* на зерне пшеницы и ячменя, возделываемых в условиях Сибири, включает 12 видов: *F. avenaceum, F. culmorum, F. diversisporum, F. heterosporum, F. oxysporum, F.poae, F. sambucinum, F. semitectum, F. solani, F. sporotrichioides, F. tricinctum и G. fujikuroi*. Максимально представлен на зерне всех исследуемых сортов вид *F. sporotrichioide*s: зараженность пшеницы и ячменя находится в пределах 2–6 и 7–9% соответственно; доля вида в комплексе рода *Fusarium* составляет 21–67% на пшенице и 30–33% – на ячмене. Изученные сорта пшеницы существенно различаются по соотношению отдельных видов *Fusarium*: максимальное разнообразие отмечено при наличии более высокой общей обсемененности микромицетами и зараженностью фузариозом (сорта «Геракл», «Чагытай», «ОмГАУ», «Юната»); доля вида *F. sporotrichioides* находится в пределах 20–28%. При уменьшении видового разнообразия *Fusarium* до 3–4 видов на отдельных сортах («Ветлужанка», «Омская-32») и селекционных линиях (К1629, К174-1) доля *F. sporotrichioides* увеличивается до 43–67%.

Видовой состав *Fusarium* на зерне ячменя менее разнообразен: доминирующее положение занимает вид *F. sporotrichioides* (32%); достаточно широко представлены виды *F. avenaceum* (14–18%), *F. semitectum* (12–18%), *F. culmorum* (12–15%) и *F. sambucinum* (12–14 %); доля остальных видов не превысила 10 %.

Сравнительный анализ зерна пшеницы в зависимости от района произрастания показал, что зараженность фузариозом оказалась минимальной в среднесибирском регионе (11,6%); видовой состав идентичен таковому в западносибирском регионе, однако соотношение отдельных видов существенно различается. Отмечено снижение доли вида *F. heterosporum* в среднем, в 2 раза по сравнению с другими сибирскими регионами, а также аналогичное уменьшение представленности *F. poae* по сравнению с западной и восточной частью. Значимость видов *F. oxysporum* и *F. tricinctum*, напротив была выше в 2,2 и 2,5 раза соответственно в Средней Сибири и 4 и 2,8 раза – в Южной Сибири на фоне их отсутствия в восточной части региона. В образцах из Восточной Сибири отмечено увеличение доли *F. diversisporum* (14%) и отсутствие видов *F. oxysporum*, *F. solani* и *F. tricinctum*; в образцах из Южной Сибири – увеличение доли *F. culmorum* (16%) и отсутствие *F. poae* и *F. sambucinum*.

В целом, грибы рода Fusarium являются постоянными обитателями различных биоценозов на территории Средней и Южной Сибири. Доминирующее положение в большинстве изученных экотопов занимает вид F.sporotrichioides, типичными являются комплексы видов *F. oxysporum, F. solani* и *G.f ujikuroi.*

Список литературы

1. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. Приложение к журналу «Защита и карантин растений», 2011; 5: 70-112.
2. Методы экспериментальной микологии. Под ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка. 1982: 550 с.
3. Methods for research on soil borne phytopathogenic fungi. Edited by LL Singleton, JD Mihail, CM. Rush. St. Paul, Minnesota: APS Press. 1992: 264 p.
4. Nelson PE, Toussoun TA, Marasas WFO. Fusarium spesies: an illustrated manual for identifications. The PA State Univ. Press. 1983: 193 p.
5. Leslie JF, Summerell BA. The Fusarium laboratory manual. USA: Blackwell Publishing, 2006: 388 p.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. проф. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991: 303 с.

ЭКОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ *SARCODONTIA CROCEA* (SCHWEIN.) KOTL. В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Маленкова А.С.
Оренбургский государственный педагогический университет

Саркодонция шафранная (*Sarcodontia crocea* (Schwein.) Kotl.), относится к семейству Cyphellaceae Lotsy, порядку Polyporales (Herter) Gäum класса Hymenomycetes отдела Basidiomycota. Плодовые тела этого гриба имеют достаточно типичный вид, что облегчает его идентификацию даже по макроскопическим признакам.

Базидиомы приросшие, совершенно распростертые или черепитчатые на вертикальных субстратах, подушкообразные, с гидноидным гименофором, с частыми коническими шипами, сужающимися к острой вершине 5 – 15(– 20) мм длиной, около 1 мм толщиной, чуть островатыми к вершине; стерильные участки и молодой гименофор желтый, сернистый, но шипы с красновато-оранжевым оттенком, при высыхании серовато-желтый или грязно-коричневый (Eriksson et al., 1981).

Саркодонция шафранная относится к числу видов древоразрушающих грибов, имеющих ограниченное распространение в мире и представленных малочисленными популяциями, что определяет интерес к находкам новых мест произрастания этого вида.

В отличие от многих других видов грибов с гидноидным гименофором, *Sarcodontia crocea* является биотрофом, т.е. поселяется на живых, ослабленных деревьях; кроме того для этого вида характерен достаточно четко выраженный субстратный преферендум – род Malus (Николаева, 1961). В Европе этот вид встречается чаще всего на деревьях яблони в парках и садах (Николаева, 1961; Eriksson et al., 1981; Forstinger, 1999, *Nordic macromycetes*, 1997), изредка на других лиственных деревьях (груша, рябина, ясень и др.) (Doll, 1981; Larralde, 1994).

Sarcodontia crocea достаточно широко распространена в Европе, Америке, на Кавказе, однако везде немногочисленен (Николаева, 1961; Nordic macromycetes, 1997; Kotiranta, Saarenoksa, 2000). Несколько больше находок в Средней и Южной Европе (Акулов и др., 2003; Bernicchia, 2008; Oswald, 2014; Prongué, 2004; Szczepkowski, 2010).

В ряде европейских стран вид считается редким, в частности отнесен к редким видам грибов в Финляндии (Kotiranta, Niemelä, 1996), Дании (Stoltze, og Pihl, 1997), Швейцарии (Senn-Irlet, Bieri, Egli, 2007), Чехии (Holec, Beran, 2006), Украины (Акулов и др., 2003).

В Южном Предуралье гриб также является редким и занесен в Красную книгу Оренбургской области (Сафонов, 2003), со статусом редкого вида с естественно низкой численностью и ограниченным ареалом, или спорадически распространенный на значительных территориях, для сохранения которого необходимо принятие специальных мер охраны.

Отмечен на сухостойных и ослабленных деревьях Malus domestica (Сафонов, 2012; Маленкова, 2014). Плодовые тела, как правило, образуются в морозобойных трещинах на стволах или крупных сучьях старовозрастных яблонях, возраст которых превышает 30 лет. Активное развитие гриба также отмечено на стволах с некрозами, обусловленными низовыми пожарами.

В настоящее время в регионе *Sarcodontia crocea* обнаружена в старых яблоневых садах Бугурусланского района (бывшее с. Лукинка) – 53°24’18.55”с.ш., 52°27’16.66”в. д. – 05.07. 1997; Тюльганский район, с. Ташла – 52°24’15.51” с. ш., 56°13’30.38”в. д. Переволоцкий район, с. Садовый, памятник природы «Ванюшин сад» – 03.08.2002; – 51°47’10.7”с. ш., 54°4’50.49”в. д. – 18.07.2014.

В ходе исследований древоразрушающих грибов в садовых насаждениях вблизи г. Оренбурга вид не был обнаружен, что может быть связано с относительно малым возрастом насаждений, а также вырубкой старовозрастных яблонь в дачных массивах.

Поскольку саркодонция шафранная включена список видов Оренбургской области (2013), взятых под официальную охрану, необходимо сохранение мест обитаний этого вида и планомерные исследования других старовозрастных яблоневых насаждений с целью выявления других мест обитания вида.

Список литературы

1. Николаева Т.Н. Ежовиковые грибы. Флора споровых растений СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1961. Т. VI: Грибы (2): 431 с.
2. Eriksson J; Hjortstam, K.; Ryvarden, L. The Corticiaceae of North Europe. 1981; 6: 1048-276.
3. Forstinger H. Pilzaparasiten an Obstbäumen – unter besonderer Berücksichtigung des Apfelbaumes (Malus). OKO-L. 1999; 21(4): 3-9
4. Nordic Macromycetes. Heterobasidioid, Aphyllophoroid and Gasteromycetoid basidiomycetes. Gopenhagen: Nordsvamp. 1997; 3.
5. Doll R. Mycologische Notizen aus Mecklenburg 5. Mycol. Mitteilungsblatt. 1981; 25: 55-63
6. Larralde IS. Contribution to our knowledge of the Aphyllophorales (Basidiomycotina) of the Basque country 2. Mycotaxon. 50. 1994: 1-7.
7. Kotiranta H, Saarenoksa R. Corticoid fungi (Aphyllo-phoraceae, Basidiomycetes) in Finland. Acta Bot Fennica. 2000; 168: 1-55.
8. Акулов А.Ю., Усиченко А.С., Леонтьев Д.В. и др. Аннотированный список афиллофороидных грибов Украины. Мицена. 2003; 2(2): 75 с.
9. Bernicchia A, Benni A, Venturella G, Gargano ML, Saitta A, Gorjón SP. Aphyllophoraceous wood-inhabiting fungi on Quercus spp. in Italy. Mycotaxon 2008; 104: 425–8.

10. Oswald W, Oswald I. Die Grospilze in Vorarlberg (Macromycetes / Österreich). Inatura – Forschung online. 2014; 7: 34S.
11. Prongué J-P, Wiederin R; Wolf B. Die Pilze des Fürstentums Liechtenstein. Amtlicher Lehrmittelverlag, Vaduz, 2004 (Naturkundliche Forschung im Fürstentum Liechtenstein; Bd. 21)
12. Szczepkowski A. Sarcodontia crocea (Polyporales, Basidiomycota) in Poland – distribution and decay ability in laboratory conditions. Polish Bot J. 2010; 55(2): 489–98.
13. Kotiranta H, Niemelä T. Threatened polypores in Finland. 2nd edn. Ymparistoopas. 1996; 10: 1-184.
14. Stoltze M. og Pihl, S. Rødliste 1997 over planter og dyr i Danmark. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser og Skov- og Naturstyrelsen. 1998.
15. Senn-Irlet B, Bieri G, Egli S. Liste rouge des champignons supérieurs menacés en Suisse. L'environnement pratique no 0718. Office fédéral de l'environnement, Berne, et WSL, Birmensdorf. 2007: 94 p.
16. Holec J, Beran M. [eds.] Červený seznam hub (makromycetů) České republiky [Red list of fungi (macromycetes) of the Czech Republic]. Příroda. Praha. 2006; 24: 1-282.
17. Акулов О., Юрченко Є. , Усіченко А. Кортиціоїдні гриби: загальна характеристика, поширення, видове різноманіття, екологічне та господарське значення. Вісник Львів. Ун-ту Visnyk of L'viv Univ. Серія біологічна. 2003; 32: 3-16.
18. Сафонов М.А. Редкие виды грибов Оренбургской области: проблемы выявления, изучения и охраны. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2003: 100 с.
19. Сафонов М.А. Грибы, обитающие на древесине плодовых деревьев в Оренбургской области. (Online). http: .www.vestospu.ru. 2012; 2(2): 8-11
20. Маленкова А.С. Древоразрушающие базидиальные грибы памятника природы «Ванюшин сад» (Переволоцкий район, Оренбургская область). Вестн. Оренбургского гос. пед. унив. (Online). http:. www. vestospu.ru. 2014; 3(11): 15-8.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРИБОВ-ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛЕСОВ ВЫСОКОЙ ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К FSC-СЕРТИФИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Медведев А.Г.[1], Курочкин С.А.[2]
[1]Тверской институт экологии и права
[2]Тверской государственный университет

Понятие «лес высокой природоохранной ценности» (ЛВПЦ) как термин было предложено Лесным попечительским советом (FSC) в 1999 г. [1]. Выделение и сохранение таких лесов стало одним из ключевых требований стандарта FSC, международно признанного стандарта устойчивого лесопользования. В Тверской области два крупнейших лесозаготовителя прошли сертификацию по стандарту FSC. При подготовке к сертификации лесозаготовительные предприятия проводят анализ имеющегося в аренде лесного фонда и выделяют с целью дальнейшей охраны леса, которые следует сохранить в силу особой ценности составляющих их экосистем или находящихся на них природных объектов.

Леса высокой природоохранной ценности бывают нескольких категорий, включающих среди прочих и биологически ценные леса (БЦЛ), лесные сообщества, обладающие уникальными характеристиками, которые не воспроизводятся или значительно изменяются при рубке леса, последующем его возобновлении и выращивании до возраста очередной рубки. Наиболее важную группу таких лесов составляют старовозрастные леса, не испытывающие заметного антропогенного воздействия и сохраняющие на протяжении длительного времени естественную динамику. Здесь формируется возрастная, видовая и пространственная неоднородность растительного покрова (естественная лесная мозаика), специфические биотопы и особые микроклиматические условия. Относительно крупные по площади участки малонарушенных лесов в Тверской области – большая редкость, хотя они есть, например, в границах Центрально-Лесного заповедника. Однако небольшие фрагменты таких территорий (на уровне лесохозяйственных выделов) встречаются во многих районах региона.

Непрерывный возрастной ряд в структуре древостоя от подроста до перестойных деревьев; групповое размещение деревьев, относящихся к одному возрастному поколению; обязательное присутствие древесного отпада разных стадий разложения создают благоприятные условия для формирования специфической микобиоты [2]. При этом видовой состав грибов сбалансирован по соотношению видов различной пищевой специализации. Деревья, пораженные дереворазрушающими грибами, независимо от величины общего поражения древостоя, относительно равномерно распределяются по площади сообщества. Очагового поражения древостоев и активизации распространения какого-то одного вида биотрофа в таких лесах нет.

В 2009 г. для лесов европейской России были разработаны методические рекомендации по выделению биологически ценных лесов [3]. Важная роль при выявлении БЦЛ отводится индикаторным и специализированным видам-стенобионтам, присутствие которых на исследуемом участке леса и наличие условий для их выживания в долгосрочной перспективе определяют лес как биологически ценный и малонарушенный.

В качестве биоиндикаторов, среди прочих организмов, было предложено более 130 видов грибов.

С 2009 г. сотрудники кафедры общей экологии и природопользования Тверского института экологии и права совместно с коллегами из Тверского государственного университета проводят систематические обследования на территориях лесного фонда Тверской области, сертифицированных по стандарту FSC.

За этот период были выявлена леса высокой природоохранной ценности в границах Торжокского, Бологовского, Кувшиновского, Удомельского, Вышневолоцкого районов. Опыт полевых изысканий показал, что именно грибы являются наиболее эффективными индикаторами в подобных исследованиях. Однако, несмотря на то, что большинство индикаторных и специализированных видов проявляют высокую привязанность к лесным территориям с естественной динамикой, лишь небольшое число из более чем 130 предложенных видов хорошо зарекомендовали себя в качестве биоиндикаторов.

С одной стороны, многие из представленных в списке видов слишком редки или вообще не отмечены для Тверского региона. Другие виды, в первую очередь, агарикоидные базидиомицеты, образуют базидиомы, существующие крайне непродолжительное время, что значительно сужает сроки возможного проведения исследований. Третья категория видов трудно идентифицируются в полевых условиях или пропускается в ходе полевых изысканий по причине трудного обнаружения плодовых тел. Относительно постоянны в лесных экосистемах и хорошо узнаваемы в природе лишь трутовые грибы, что делает именно эту группу наиболее эффективным биоиндикатором лесных сообществ с естественной динамикой.

Ниже приводится список индикаторных и специализированных видов грибов-стенобионтов, которые регулярно встречаются в старовозрастных и малонарушенных лесных экосистемах Тверской области и характеризуют свои местообитания как биологически ценные леса.

Abortiporus biennis – Абортипорус двулетний. Встречается преимущественно в старовозрастных елово-широколиственных лесах.

Anomoporia bombicina – Аномопория шелковистая. Специализированный вид, приуроченный к старовозрастным еловым лесам с низкой антропогенной нагрузкой.

Climacocystis borealis – Климакоцистис северный. Специализированный вид, приуроченный к старовозрастным таежным лесам.

Entoloma nitidum Quél. – Энтолома красивая. Вид приурочен к старовозрастным еловым лесам.

Fomitopsis rosea – Трутовик розовый. Индикатор старовозрастных еловых лесов.

Geastrum spp. – Виды рода Геаструм. Встречаются в широколиственных и хвойно-широколиственных лесах, в том числе – сосняках бореально-неморальных.

Hapalopilus salmonicolor – Гапалопилус лососевый. Специализированный вид малонарушенных хвойных лесов.

Hericium coralloides – Ежовик коралловидный. Индикатор старовозрастных лесов с крупномерным валежом.

Junghuhnia collabens – Юнгхуния сминающаяся. Специализированный вид, приуроченный к старовозрастным еловым лесам.

Lactarius lignyotus – Млечник деревянный. Индикатор естественных елово-широколиственных лесов.

Leptoporus mollis – Лептопорус мягкий. Преобладает в старовозрастных таежных лесах.

Oligoporus leucomallellus – Олигопорус белошерстистый. Преобладает в хвойных лесах с естественной динамикой.

Oligoporus placentus – Олигопорус плацентный. Специализированный вид старовозрастных еловых лесов.

Onnia leporina – Онния привлекательная. Приурочен к старовозрастным еловым лесам с минимальной антропогенной нагрузкой.

P*haeolus schweinitzii* – Феолус Швейница. Индикатор старовозрастных хвойных лесов.

Phellinus ferruginosus – Феллинус ржавый. Индикатор елово-широколиственных лесов с ненарушенной динамикой.

Ph. nigrolimitatus – Ф. черноокаймленный. Специализированный вид старовозрастных хвойных лесов.

Ph. viticola – Ф. виноградный. Индикатор старовоз стных еловых лесов с ненарушенной динамикой.

Polyporus badius – Полипорус каштановый. Индикатор старовозрастных хвойно-широколиственных лесов.

Pycnoporellus fulgens – Пикнопореллус блестящий. Приурочен к старовозрастным лесам с избыточным увлажнением.

Список литературы

1. Браун Э. и др. Единое руководство по выявлению высоких природоохранных ценностей. Ресурсная сеть ВПЦ. Пер. с англ. под общ. ред. К.Н. Кобякова. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF) России. 2014: 78 с.
2. Стороженко В.Г. Структура микоценозов устойчивых лесных сообществ. Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: итоги и перспективы. Мат. научн. конф., посвящ. 50-летию Института леса Карельского научного центра РАН (3–5 окт.). Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007: 107-14.
3. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России. Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. Том 2. СПб. 2009. 258 с.

ВЛИЯНИЕ СВИНЦОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ТИПОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ГРИБОВ РОДА *ALTERNARIA*

Мосина Л.В.[1], Довлетярова Э.А.[2]
[1]РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва
[2]РУДН, Москва

Несмотря на необычайно малые размеры микробной клетки ($2{,}92 \cdot 10^{12}$ г), они выполняют ведущую роль в экосистемах, что обусловлено их огромной численностью, мощнейшим ферментативным аппаратом, необычайно высокой устойчивостью в ОПС и широким ареалом распространения.

Эти биологические особенности микроорганизмов определяют в значительной степени уровень почвенного плодородия, самоочищающую способность почвы, что играет огромную роль в получении высоких урожаев хорошего качества, в обеспечении продовольственной безопасности государства, так как используя почвенные ресурсы, человек получает примерно 95–97% всех продуктов питания.

Вместе с тем, микроорганизмы из «друзей» человека могут превращаться в его «врагов», если человек неправильно работает на земле, особенно в условиях глобального загрязнения, которое отмечается в последние десятилетия. При этом почва оказывается наиболее уязвимой, превращаясь в «депо» токсикантов. Например, за последние 100 лет содержание только одного из опасных загрязнителей, металлов «смерти» – Pb – увеличилось в почве в десятки раз – с 6 мг/кг до 130–146 мг/кг почвы (Мосина, 2003). Среди микроорганизмов, представляющих угрозу живым организмам, в том числе человеку, выступают микроскопические грибы, которые в условиях современного ведения сельскохозяйственного производства могут продуцировать опасные вещества – микотоксины.

Опасность этого загрязнения увеличивается в результате его быстрого распространения, обусловленного, с одной стороны, биологическими особенностями микроорганизмов, а с другой – снижением естественных природных механизмов защиты и самоочищения почв. Происходящая дегумификация почвенного покрова, его подкисление и уплотнение, загрязнение тяжелыми металлами, остатками пестицидов и их метаболитами, диоксинами и др. способствуют распространению микроорганизмов, продуцирующих токсины, и контаминации сельскохозяйственной продукции и кормов. Кроме того, некоторые ученые связывают рост угрозы распространения микотоксинов с современными приемами земледелия, выращиванием высокоурожайных, но с пониженной к болезням устойчивостью культур, новыми способами уборки урожая (уборка с оставлением в валках), транспортировки, хранения и приготовления кормов. Этому также способствует густота высева, монокультура и неправильное применение средств химизации. Например, большое количество азотных удобрений повышает поражаемость кукурузы токсигенным грибом *Fusarium graminearum*.

Росту случаев микотоксикозов способствует также интенсификация животноводства, которая понижает общую резистентность организма животного. Учитывая вездесущность микроорганизмов, их высокую численность, необычайно мощный ферментативный аппарат и высокую скорость генерации, загрязнение микотоксинами окружающей среды может иметь непредсказуемые экологические последствия.

Между тем этот вопрос еще слабо освещен в литературе (Львова и др., 2004, Мачихина, 2007). Поэтому нами было исследовано влияние свинцового загрязнения на фитотоксичность микроскопических грибов.

Принимая во внимание различную биологическую активность в почвах разных типов, изучение влияния загрязнения почв Pb выполняли на примере дерново-подзолистой почвы и чернозема выщелоченного. Свинец в почву вносили в виде азотнокислой соли $Pb(NO_3)_2$ в дозах (мг/кг почвы) 80, 800, 8000, 80000.

С этой целью проводили микробиологический посев и на чашках Петри выявляли группы грибов, которые увеличивали свою численность в условиях возрастающего загрязнения. Родовую принадлежность грибов определяли по морфолого-культуральным признакам. При микроскопировании исследовали строение мицелия плодовых тел и органов размножения. Наиболее представительные роды выделяли в чистую культуру.

Далее культуру гриба культивировали на жидкой питательной среде Беккера. Присутствие токсинов определяли по скорости прорастания семян растения – биотеста, помещенного в эксудаты грибов. За фитотоксический эффект принималось снижение длины корней проростков, замоченных в эксудатах грибов, и выраженное в процентах по сравнению с контролем. В качестве биотеста использовали семена гороха сорта *Pisum sativum* L.

Качественный состав грибного населения в почвах разных типов зависимости от уровня свинцового загрязнения представлен в табл. 1 и 2

Как общая закономерность отмечается увеличение содержания грибов рода *Fusarium* и *Alternaria* по мере возрастания уровня загрязнения. Однако в почве подзолистого типа это увеличение происходит более интенсивно – с 22±1,3% до 38±3,1% грибов рода *Fusarium,* в то время как в черноземной почве их примерно в 1,5 раза меньше – с 14±1,2% до 28±2,5%. Соответственно, увеличивается и доля грибов рода *Alternaria* – с 10±0,7% до 26±1,8% в дерново-подзолистой почве и с 6±0,4% до 18±1,6% в выщелоченном черноземе.

Грибы рода *Fusarium* известны как мощные фитотоксины, представляют интерес и грибы рода *Alternaria*, содержание которых также возрастает по мере увеличения уровня загрязнения.

Таблица 1. Групповой состав микроскопических грибов в дерново-подзолистой почве в зависимости от уровня свинцового загрязнения

Доза Pb, мг/кг	Роды грибов, %			
	Fusarium	*Penicillium*	*Alternaria*	Прочие
Контроль	–	55±3,2	10±0,5	35±2,1
80	–	50±2,8	9±0,8	41±2,3
800	22±1,3	41±2,2	20±1,4	17±0,9
8000	30±2,2	36±1,6	26±1,2	8±0,6
80000	38±2,1	26±1,4	26±1,2	10± 0,6

Таблица 2. Групповой состав микроскопических грибов в черноземе выщелоченном в зависимости от уровня свинцового загрязнения.

Доза Pb, мг/кг	Роды грибов			
	Fusarium	*Penicillium*	*Alternaria*	Прочие
Контроль	–	38±3,4	6±0,4	56
80	–	42±3,9	7±0,6	51
800	14±1,2	36±3,1	14±1,2	36
8000	21±2,0	24±3,0	16±1,4	31
80000	28±2,5	28±2,6	18±1,6	26

С этой целью было выделено по 3 штамма гриба с каждого варианта и определена их фитотоксическая способность. В качестве биотестов использовали тщательно откалиброванные по массе семена одной репродукции гороха посевного (*Pisum sativum*). Результаты исследования представлены в табл. 3 и 4.

Как показали результаты (табл. 3 и 4), энергетические особенности грибов существенно зависят от уровня свинцового загрязнения и почвенно-экологических факторов, что проявляется в различной интенсивности ростовых процессов.

Таблица 3. Фитотоксичность микроскопических грибов рода *Alternaria* в условиях различного свинцового загрязнения в дерново-подзолистой почве.

Доза Pb, мг/кг	Вариант	Средняя длина корня, мм	Снижение длины корня, % к контролю	Токсичность, %
Контроль	Вода	24 ± 2,0	100	–
	Гриб	25 ± 1,5	104	–
80	Гриб	24 ± 0,8	96	4
800	Гриб	18,5 ± 1,5	78	22
8000	Гриб	8,5 ± 1,0	34	66
80000	Гриб	3,5 ± 0,5	14	86
НСР	1,5			

Эксудаты грибов, выделенных с низким уровнем свинцового загрязнения, практически не изменяют энергию прорастания гороха и она остается аналогичной водной среде. Семена же гороха, помещенные в культуральную жидкость грибов, выращенных на максимально высокой дозе токсиканта (80000 мг/кг почвы), характеризуются наименьшей длиной корней проростков, то есть минимальной энергетической способностью, обусловленной токсичным действием грибов.

Полученные результаты позволяют заключить, что под влиянием свинцового загрязнения выше 80 мг/кг почвы происходят значительные изменения в структуре микробного ценоза и характере его метаболизма. То есть доза свинца выше 80 мг/кг является пороговой, за которой снижается самоочищающая способность почвы, и она становится источником микотоксиновой опасности. Причем, степень выраженности токсичности выше у дерново-подзолистой почвы по сравнению с выщелоченным черноземом.

Таблица 4. Фитотоксичность грибов рода *Alternaria* в условиях различного свинцового загрязнения в выщелоченном черноземе.

Доза Pb, мг/кг	Вариант	Средняя длина корня, мм	Снижение длины корня, % к контролю	Токсичность, %
Контроль	Вода	25 ± 2,1	100	–
	Гриб	26 ± 1,9	104	–
80	Гриб	26 ± 2,1	100	–
800	Гриб	24 ± 2,0	92,5	7,5
8000	Гриб	16 ± 1,1	65,4	34,6
80000	Гриб	7 ± 0,6	26,9	73,1
НСР	1,5			

Список литературы

1. Львова Л.С., Кизленко О.И., Захарова Л.П. и др. Микотоксины и проблема безопасности зерна в з/п. Мат. 2-й межд. конф. «Зерновая индустрия в XXI веке», М. 2004: 151-3.
2. Мачихина Л.И. Научные основы продуктов безопасности. – М.: Де Ли Принт, 2007:381с.
3. Мосина Л. В. Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москва. Автореф. ... докт. дисс. М. 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКТОМИКОРИЗ СВЕТЛОХВОЙНЫХ ВИДОВ ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Мухаметова Г.М., Зайцев Г.А.

Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы, Институт биологии УНЦ РАН, Уфа

Микориза – наиболее распространенный симбиоз на земле. В лесных экосистемах эктомикориза играет важную роль, так как ее образуют деревья доминанты и эдификаторы растительного сообщества, что позволяет, образуя обильный мицелий в лесных почвах, осуществлять связь и взаимоотношения различных таксономических и трофических групп, принадлежащих к разным ярусам, функционировать как единая система.

Вокруг крупных промышленных центров создается своеобразная экологическая обстановка, древесные растения вынуждены адаптироваться к антропогенным изменениям условий произрастания. Под воздействием токсических выбросов промышленных предприятий и транспорта у древесных растений происходят значительные и часто необратимые физиологические и анатомо-морфологические изменения органов и тканей. Исследование микоризобразования, корней деревьев в условиях промышленного загрязнения представляет значительный интерес, так как эктомикоризы являются активной поглощающей частью корневой системы деревьев и в первую очередь сталкиваются с неблагоприятными почвенными факторами.

Экологическое значение эктомикоризных ассоциаций не ограничивается только организменным уровнем. Важную роль они играют и в жизни растительных сообществ, являясь одним из факторов, определяющих их видовое разнообразие и устойчивость. Неучитывание этого может привести к стратегически не верным решениям, касающихся вопросов сохранения биологического разнообразия, создания устойчивых и продуктивных фитоценозов, особенно в условиях все нарастающих техногенных нагрузок на природные экосистемы (Мухин, Веселкин, 2004). В связи с этим особую актуальность приобретают работы, направленные на оценку влияния промышленного загрязнения и другого рода техногенных воздействий на микоризные ассоциации.

Цель работы – изучить и сравнить особенности формирования эктомикориз поглощающих корней сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Сукачёва (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях Стерлитамакского промышленного центра.

Башкортостан – крупнейший в России производитель химической продукции, занимает первое место по выпуску кальцинированной соды и бензола, второе – по производству пластмасс, этилена, синтетических каучуков, третье – по каустической соде, сере. Город Стерлитамак – второй после г. Уфы по численности населения и индустриальной мощи город в Республике Башкортостан, общая площадь территории города – 100 км^2. Основная хозяйственная специализация города – химическая и нефтехимическая про-

мышленность, на долю которой приходится 78% всей выпускаемой продукции. Основными предприятиями Стерлитамакского промышленного центра являются: ОАО «Сода», ЗАО «Стерлитамакский нефтехимический завод», ЗАО «Каустик» и ЗАО «Каучук». Объем валовых выбросов загрязняющих веществ от основных предприятий химической промышленности, к которой относятся ОАО «Сода», ОАО «Каустик», ОАО «Синтез-Каучук» и др составил в 2012 году 54,74 тыс. т (в 2011 году – 54,453 тыс. т) (Государственный доклад., 2013).

Пробные площади насаждений сосны обыкновенной и лиственницы Сукачёва закладывались в зоне техногенной нагрузки расположенных в непосредственной близости воздействия промышленных предприятий (северная промышленная зона города) и в насаждениях без присутствия (южная часть города Ашкадарский питомник Стерлитамакского лесничества) промышленных предприятий («условный контроль»).

Сбор материалов для микроскопического изучения особенностей микоризообразования отбирали из верхнего слоя почвы (с глубины 4–5 см от лесной подстилки) в 5 разных, случайно выбранных точках на каждой пробной площади.

Анатомическое строение эктомикориз анализируется на поперечных срезах под микроскопом AxioImager.A2 (Carl Zeiss, Германия), для репрезентативности не менее 100 поперечных срезов с каждой пробной площади. Всего было исследовано 400 корневых окончаний и просмотрено около 1200 срезов эктомикоризы сосны и лиственницы.

Для качественного и количественного анализа морфолого-анатомической структуры эктомикоризы используется методика Д.В. Веселкина (2003) учитывающая следующие признаки: развитие и жизненное состояние растительного симбионта (размеры корня, число слоев живых и отмирающих клеток коры корня, тургор клеток коры), особенности формирования грибного симбионта (толщина и тип сложения грибного чехла):

1. Встречаемость или отсутствие грибного чехла. В случае присутствия грибного чехла определяли подтип чехла по классификации.

2. Толщину грибного чехла (*m*).

3. Общий радиус микоризного окончания (r^1) (измерения всегда производили по наименьшему диаметру окончания).

4. Радиус корня растения (r^2), входящего в эктомикоризу как разность между r^1 и *m*.

5. Радиус центрального цилиндра.

6. Долю грибного чехла в объеме эктомикоризного окончания, которую рассчитывали по формуле:

$$d = \frac{(r_1^2 - r_2^2)}{r_1^2} \times 100\%$$

7. Встречаемость или отсутствие отмерших, темно окрашенных (таннинновых) клеток коры корня.

8. Состояние тургора или его отсутствие у клеток паренхимы коры корня.

9. Степень деформации общей округлой формы окончания на срезе (звездчатая).

При описании типа грибного чехла, его структуры использовали классификацию (Доминик, 1963; Селиванов, 1981). Анализируя разнообразие подтипов грибного чехла использовали индекс Шеннона. Для градации условий произрастания по степени антропогенного воздействия использовали индекс выравненности Пиелу, который рассчитывается на основе индекса Шеннона.

На исследованных пробных площадях Стерлитамакского промышленного центра у сосны и лиственницы обнаружена типичная эумицетная хальмофаговая эктомикориза. Значение интенсивности микоризации поглощающих корней выше при загрязнении, чем в «условном» контроле, при чем у сосны доля микоризных окончаний меньше 61–78%, чем у лиственницы 77–82% (табл. 1).

Таблица 1. Изменение разнообразия грибных чехлов и градация условий по степени антропогенного воздействия

Параметр	*Pinus sylvestris*		*Larix sukaczewii*	
	контроль	загрязнение	контроль	загрязнение
Интенсивность микоризации, %	61	78	77	82
Индекс Шеннона	1,78	1,62	1,62	1,54
Индекс выравненности Пиелу	0,81	0,70	0,73	0,70
Доля плектенхиматических чехлов, %	34	27	21	5
Доля псевдопаренхиматических и двойных чехлов, %	32	26	13	26
Доля бесструктурных чехлов, %	34	47	44	46
Отсутствие грибного чехла (подтип HN), %	-	-	22	23

Таблица 2. Изменение общих размерных и качественных параметров эктомикоризных корней.

Параметр	*Pinus sylvestris*		*Larix sukaczewii*	
	контроль	загрязнение	контроль	загрязнение
Общий диаметр корневого окончания, мкм	371,0	432,8***	278,2	346,8***
Радиус корня, мкм	170,0	170,8	131,5	160,6***
Толщина грибного чехла, мкм	22,8	25,9	12,8	20,5**
Доля объема чехла, %	16,3	15,7	10,5	14,1
Встречаемость таниновых клеток, %	83	86	87	65
Среднее число слоев таниновых клеток, шт	1,33	1,91***	1.52	1,67
Число слоев «живых» клеток коры корня, шт	2,27	1,93*	3,16	3,50
Встречаемость окончаний с утерянным тургором, %	35	37	59	37

Примечание: Значимость различий ***$p < 0{,}0001$, **$p < 0{,}001$, *$p < 0{,}01$

Можно сделать вывод что микоризообразование у светлохвойных не подавляется, при загрязнении увеличивается процесс образования коротких боковых сосущих корней, что и приводит к возрастанию количества микориз у одной особи (Веселкин, 2001). В тоже время разнообразие грибных чехлов снижается при загрязнении одинаково у двух видов, но в то же время соотношение обилия микориз с чехлами разных типов сложения не однозначно.

Представленность бесструктурных подтипов чехлов у лиственницы примерно одинакова (44–46%), а сосны при загрязнении увеличивается на 13%. Доля плектенхиматических грибных чехлов при загрязнении уменьшается, причем у лиственницы в 4 раза. У сосны доля псевдопаренхиматческих и двойных подтипов уменьшается при загрязнении, а у лиственницы, наоборот, увеличивается в 2 раза.

По рассчитанному индексу выравненности Пиелу можно сделать вывод, что степень антропогенного воздействия в «условном» контроле умеренное в пределах нормы, при загрязнении степень антропогенного воздействия существенное или рискованное.

Заметно изменяются размерные признаки анатомических параметров строения эктомикоризы лиственницы: достоверно увеличивается общий поперечный размер микоризного окончания при загрязнении, при этом увеличивается размеры растительного симбионта (радиус корня), так и грибного симбионта (толщина и доля объема грибного чехла). У сосны размеры растительного симбионта (радиус корня) как и грибного симбионта (толщина и доля объема грибного чехла) достоверно не изменяется от условий произрастания (табл. 2). Процент встречаемости таниновых клеток на всех пробных площадях одинакова, при этом среднее число слоев отмерших таниновых клеток у сосны при загрязнении увеличивается, которые сплющиваются в тангентальном направлении, соответственно уменьшается число слоев «живых», сохранивших тургор клеток коры корня. У лиственницы достоверных различий не обнаружены.

Таким образом наблюдаемые изменения эктомикориз светлохвойных видов являются адаптивным механизмом симбиотической системы «гриб-дерево» позволяющей успешно произрастать в условиях Стерлитамакского промышленного центра.

Список литературы

1. Мухин В.А., Веселкин Д.А. Эволюционное и экологическое значение микоризных ассоциаций. Ученые записки НТГСПА. Материалы Всероссийского популяционного семинара «Фундаментальные и приклад проблемы популяционной биологии». Нижний Тагил. 2004: 86-94.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2012 году. Уфа. 2013: 317 с.
3. Веселкин Д.В. Изменчивость анатомических параметров эктомикоризных окончаний разного строения. Микол. фитопатол. 2003; 37(1): 22-9с.
4. Доминик Т. Классификация микориз. Микориза растений. Под ред. Лобанова Н.В. М.: Сельхозиздат, 1963: 245–61.
5. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука. 1981: 232 с.
6. Веселкин Д.В. Исследование микоризных ассоциаций в зоне стационара (на примере эктомикориз). Экологичесая токсикология: Учеб. пособие. Под общ.ред. проф В.С. Безеля. Екатеринбург: Изд-во Урал. унив. 2001: 38-46

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ ОТДЕЛА РЕДКИХ РУКОПИСЕЙ БИБЛИОТЕКИ КАЗАНСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Надеева Г.В., Яковлева Г.Ю.
Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

Рукописные документы являются ценнейшим памятником культуры, науки и искусства и требуют определенных условий для хранения. Повреждения, вызываемые микроорганизмами, представляют особую опасность. Проведенный ранее микробиологический анализ арабографических рукописных книг хранящихся в отделе редких рукописей и книг Научной библиотеки им. Н.И. Лобачевского КФУ (ОРРК НБЛ КФУ) позволил выделить микробное сообщество, состоящее главным образом из спорообразующих бактерий и микромицетов. Выделенные виды микромицетов были отнесены к р. *Penicillium, Aspergillus, Alternaria* и др. [1].

Следует отметить, что несоблюдение санитарно-гигиенического режима в библиотеках может привести к вторичному загрязнению документов. В связи с этим микробиологический контроль воздуха книгохранилищ крайне важен, так как именно через воздух может происходить контаминация книг и документов. Не следует так же забывать, что многие микромицеты обладают токсическими и вирулентными свойствами и могут стать причиной не только деструкции рукописей, но и вызывать различные заболевания у персонала. В связи с вышесказанным целью данной работы является анализ микромицетов воздуха в помещениях ОРРК НБЛ КФУ.

Микробиологический анализ воздуха проводился в читальном зале, рабочей комнате сотрудников библиотеки, хранилище рукописей и коридоре. Отмечалось превышение допустимых значений общего количества микроорганизмов (300–500 КОЕ/м^3) в читальном зале в 2,3 и 1,2 раза осенью 2013 г. и летом 2014 г. соответственно, а так же в 1,5 раза в рабочей комнате сотрудников зимой 2014 г. (рис. 1).

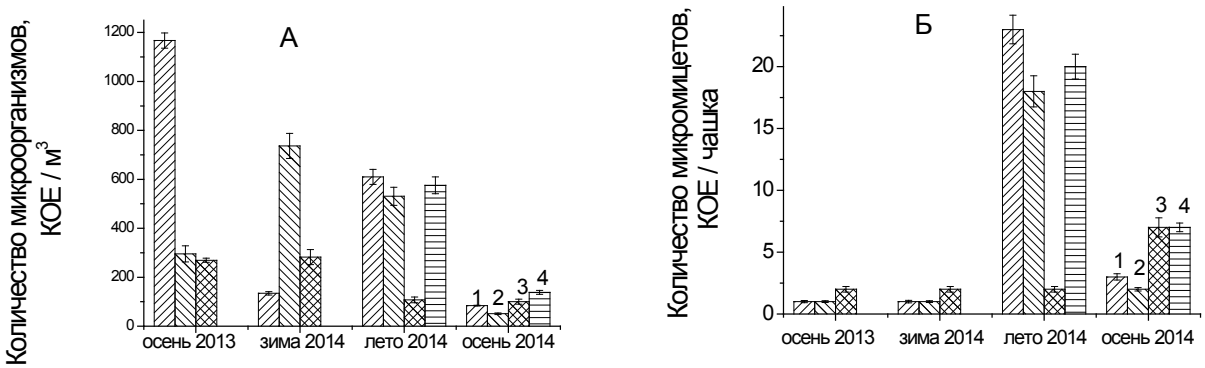


Рисунок 1. Сезонные изменения микрофлоры воздуха в помещениях ОРРК:
1 – читальный зал № 1; 2 – рабочая комната сотрудников №3; 3 – книгохранилище №6; 4 – коридор;
А – общая микробная обсемененность; Б – количество микромицетов.

Следует отметить, что количество микроорганизмов в воздухе книгохранилища (под номером 3 на рис.) оставалось ниже допустимой нормы на протяжении всего периода исследования и колебалось в пределах 100–280 КОЕ/м^3. Особое внимание при анализе воздуха было уделено микромицетам, как наиболее опасным биодеструкторам [2, 3]. Количество микромицетов во все сезоны было незначительным (1–7 КОЕ/чашка), лишь в летний период резко увеличилось в 2,3 раза в читальном зале, 1,8 раз в рабочей комнате сотрудников и в 2,0 раза в коридоре. Увеличение количества микромицетов в летний период, вероятно связано с тем, что анализ проводился в очень дождливый период лета. Однако в помещении книгохранилища количество микромицетов осталось на прежнем уровне. Были выделены чистые культуры микромицетов и идентифицированы по морфологическим свойствам. Из десяти изолятов девять принадлежали к роду *Penicillium* и один – *Aspergillus*. 50% выделенных микромицетов обладали целлюлазной активностью, и, следовательно, могли являться потенциальными деструкторами старинных рукописей и книг.

Список литературы

1. Надеева Г.В. Микробиологический анализ арабографической рукописи из археографической коллекции Отдела редких рукописей библиотеки Казанского федерального университета. Вест. Казанск. технол. унив. 2013; 16(21): 199-202.
2. Мантуровская Н.В. Микологическое состояние книгохранилищ. Теория и практика сохранения памятников культуры. Микология. 1995; 17: 23-7.
3. Попихина Е.А. Контроль микробиологического состояния книгохранилищ. Защита документов от биоповреждений. Мат. Всерос. обуч. семинара. СПб.: РНБ. 2005: 50-61.

МАКРОМИЦЕТЫ БОЛОТ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «МАРИЙ ЧОДРА»

Нагуманов Ш.З.
Национальный парк Марий Чодра, п. Красногорский, Республика Марий Эл

Национальный парк "Марий Чодра" расположен в юго-восточной части Республики Марий Эл в бассейне реки Илеть – левого притока реки Волги.

В отличие от довольно однородной территории низменного Заволжья территория национального парка отличается значительным разнообразием ландшафтов, что вызвано чередованием возвышенностей южной оконечности Марийско-Вятского вала с пойменными лугами и лесами долины реки Илеть и её притоков. В физико-географическом плане территория национального парка "Марий Чодра" находится на стыке трёх природных зон: южной тайги, хвойно-широколиственных лесов и зоны лесостепи.

Основная часть (91,1%) территории парка покрыта лесом. В основном преобладают сосновые леса (50,1%). Лиственные леса, состоящие из мягкотелых пород: берёзы, осины, ольхи чёрной, липы, ивы древовидной занимают 43,5 % от площади занятой лесом.

В составе растительности отмечены два типа дубрав. На возвышенностях (Кленовая гора, Катай - гора) произрастают дубравы с участием липы, клёна, вяза с примесью хвойных пород.

Гидрологическая сеть парка представлена р. Илеть и её притоками, большим количеством пойменных водоёмов (старицы, озёра). На территории парка расположено большое количество озёр карстового происхождения, наиболее крупными из них являются: оз. Яльчик, оз. Кичиер, оз. Мельничное, оз. Глухое, оз. Мушан-Ер, оз. Конан-Ер, оз. Тот-Ер, оз. Шуть-Ер, оз. Куж-Ер, и оз. Ергеж-Ер.

Болота в национальном парке занимают небольшие площади, всего 562 га или 1,52% от общей территории. Это небольшие верховые сфагновые болотца, разбросанные спорадически в сосновых и смешанных лесах во всех лесничествах парка. В «Марий Чодра» встречаются компактные заболоченные участки «Волчье болото» в южной части парка, «Тетеркино» в восточной части Кленовой Горы; болотный массив в 1 и 2 кварталах Лушмарского лесничества у отрогов Керебелякской возвышенности. Крупные болотные урочища «Кугу-куп» и «Чапай-Куп» были осушены в ходе мелиоративных работ в 70-80 годах прошлого века.Восстановительный период этих массивов происходит крайне медленно.

Небольшая площадь (219 га) занята небольшими низинными травяными болотами, разбросанными главным образом в открытом ландшафте южной части парка.

Таблица 1. Эколого-трофические группы

Семейства	Виды	Эколо-трофическая группа
1. Cantharallaceae	*Cantharellus lutescens* Fr. *C. tubaeformis* Fr.	пс пс
2. Entolomataceae	*Entoloma euchroum* (Pers.) Donk *E. nitidum* Quél.	пс, м м
3. Strophariaceae	*Galerina hypnorum* (Schrank) Kühner	кс
4. Hygrophoraceae	*Gygrocybe turunda* (Fr.) P. Karst. *G. unduinosa* (Fr.) P. Karst.	бр бр
5. Boletaceae	*Leccinum roseofractum* Watling	м
6. Leotiaceae	*Leotia lubrica* (Scop.) Pers.	пс
7. Marasmiaceae	*Marasmius bulliardii* Quél.	пс, кс
8. Mycenaceae	*Mycena acicula* (Schaeff.) P. Kumm. *M. rubromarginata* (Fr.) P. Kumm.	бр кс
9. Paxillaceae	*Raxillus fillamentosu* (Scop.) Fr. 1838	кс
	Lactarius uvidus (Fr.) Fr. 1838	м
10. Russullaceae	*Russula aeruginosa* (Pers.) Pers. *R. claroflava* Grove *Lactarius uvidus* (Fr.)	м м м
11. Suillaceae	*Suillus flavidus* (Fr.) J. Presl *S. granulatus* (L.) Roussel	м м

Условные обозначения: пс – почвенные сапротрофы; м – симбиотрофы; кс – ксилотрофы: бр – бриофилы

Заболоченные леса на территории парка отмечены в низинах, расположенных в поймах рек и в балках, ложбинках холмов. Леса здесь представлены черноольшанниками, смешанными сфагново-осоковыми березняками и сосняками. Здесь представлены болотные почвы, содержащие в значительном количестве неразложившиеся и полуразложившиеся растительные остатки, пропитанные перегноем и обычно избыточно увлажнённые, с кислым pH.

Научная новизна работы. Нами впервые на территории национального парка «Марий Чодра» выявлена микобиота болот, изучено распределение макромицетов по различным типах фитоценозов.

Цель и задачи исследования. Цель данной работы изучение грибов как компонентов фитоценозов болот.

При этом были поставлены следующие задачи:

1. Выявление видового состава макромицетов болот национального парка «Марий Чодра».

2. Проведение таксономического и эколого-трофического анализа микобиоты исследуемых фитоценозов.

3. Определение особенностей распределения макромицетов в различных фитоценозах болот национального парка «Марий Чодра».

Сбор материала проводился в апреле – октябре 2012 г. в национальном парке «Марий Чодра». Нами на данной территории с 2003 по 2012 г. выявлено 188 видов макромицетов (Летопись, 2004; Летопись, 2005; Нагуманов, 2005).

Маршруты исследований планировались с учетом: погодно-климатических условий, плодоношения макромицетов. С помощью маршрутного метода удается выявить наиболее полно микобиоту региона.

На болотах парка нами выявлено 19 видов грибов (табл. 1) произрастающих в особых условиях повышенной влажности, недостатка гумуса в торфяных почвах и на остатках гниющей древесине и сфагнума. Данные грибы относят к 11 сем., самое многочисленное сем. Russullaceae – 3 вида грибов, самые малочисленные сем. – Boletaceae, Strophariaceae, Leotiaceae по одному виду, по 2 вида отмечено в сем. Cantharallaceae, Entolomataceae, Hygrophoraceae, Mycenaceae, Paxillaceae, Suillaceae

Грибы болот представлена 4 эколого-трофическими группами: почвенные сапротрофы – 5 видов; симбиотрофы – 8 видов; бриофилы – 2 вида; ксилотрофы-3 гриба. Самая многочисленная группа представлена симбиотрофами – 8 видов.

На болотах национального парка сложились неблагоприятные эколого-ценотические условия для произрастания макромицетов, так как их выявлено 10% от общего количества грибов данной территории.

Список литературы

1. Летопись природы национального парка «Марий Чодра» (2003 г.) Красногорский. 2004: 210.
2. Летопись природы национального парка «Марий Чодра» (2004 г.) Красногорский. 2005: 318.
3. Нагуманов Ш.З. Список макромицетов НП «Марий Чодра». Научные исследования в национальном парке «Марий Чодра». Йошка-Ола: МарГУ. 2005: 60-76.

МИКОБИОТА ВОЗДУХА ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИВА КИНЕМАТОГРАФИИ АРМЕНИИ

Нанагюлян С.Г., Элоян И.М., Шахазизян И.В., Оганесян Е.Х.
Кафедра ботаники и микологии Ереванского государственного университета, Ереван

В настоящее время весьма остро стоит проблема защиты, как помещений жилых зданий, библиотек, музеев, так и архивов, от различных патогенных микроорганизмов, в частности микроскопических почвенных грибов, видовое разнообразие и численность которых резко возросло в связи с сильной загрязненностью воздуха в городах, частотой экстремальных ситуаций, способствующих их росту и распространению [1].

Среди разных групп организмов, развивающихся на строительных материалах и конструкциях, а также во внутренней среде музеев и архивов, приоритетное значение имеют микроскопические грибы [2].

Как известно, постоянная сырость, непроветриваемость помещений, протечки и другие неблагоприятные условия, приводят к сильному загрязнению воздуха жизнеспособными грибами-деструкторами, за счет чего концентрация спор в воздухе резко возрастает, вызывая проблемы со здоровьем у людей, долгое время находящихся в заспоренных помещениях.

Целью нашей работы явилось исследование видового состава микобиоты и определение степени заспоренности воздуха помещений Государственного архива кинематографии Армении. Микологический анализ воздуха проводился с помощью пробоотборного устройства ПУ-1Б, констатирующего количество колониеобразующих единиц в 1 м3 воздуха (КОЕ/м3), а также взяты пробы с пораженных архивных материалов и соскобы с покрытых плесенью стен с помощью стерильного ланцета на чашки Петри с агаризованной средой Чапека. Постановка опытов, а также выделение и определение микроскопических почвенных грибов проводились в научно-исследовательской лаборатории экспериментальной микологии при кафедре ботаники и микологии биологического факультета Ереванского государственного университета.

Нами проведено исследование микобиоты воздуха Государственного архива кинематографии Армении, который находится под землей, на глубине 35 м. Сравнительно хорошо сохранившийся архив был построен

в конце 1950-х гг., кроме того отдельные помещения 3-этажного подземного сооружения были недавно отремонтированы. Комнаты архива оснащены кондиционерами, но использование их оказалось нецелесообразным и вредным, поскольку по сведениям сотрудников архива работа кондиционеров больше запыляло хранящийся материал.

Следует отметить, что основной отличительной чертой архивных кинофондохранилищ является наличие в них большого количества жестяных коробок для хранения заряженных кинопленок, кассет или бобин, представляющих собой благоприятный питательный субстрат для роста микроскопических почвенных грибов.

Нарушения условий хранения архивных ценностей, в частности температурно-влажностного режима, запыленность поверхностей архивного материала приводят к возникновению повреждений, вызываемых микромицетами-деструкторами.

Микологические обследования были проведены в помещениях, где грибы колонизировали стены, потолки, жестяные коробки с кинопленками, а также находящиеся в коробках кинопленки, вызывая деструкцию различных материалов, что привело к заспорению воздуха и ухудшению качества среды обитания человека, являясь тем самым причиной ряда микотических заболеваний.

Нами был проведен микологический анализ воздуха помещений всего здания включая отдельные комнаты, расположенные на разных этажах корпуса. В результате исследований выявлено, что заспоренность воздуха 3-го этажа архивного здания превышает допустимые нормы, т.е. 500 КОЕ/м^3, где количество колониеобразующих единиц в 1 м^3 воздуха коридора составило – 620 КОЕ/м^3, комната "позитива" – 740 КОЕ/м^3, а комната "негатива" – 920 КОЕ/м^3. Микологический анализ воздуха остальных помещений 2-го и 1-го этажей показал следующие результаты: коридор 1-го этажа – 550 КОЕ/м^3, комната "лаванда" – 160 КОЕ/м^3, коридор 2-го этажа – 470 КОЕ/м^3, комната "повторного позитива" – 420 КОЕ/м^3.

Таким образом, исходя из вышеуказанных данных, заспоренность воздуха 3-го этажа превышает допустимые нормы, поскольку повышенная влажность из-за постоянной протечки труб, а также непроветриваемость помещений способствовали росту и распространению спор в воздухе. В результате проведенных микологических исследований воздуха киноархива обнаружено обилие диаспор родов *Penicillium* Link и *Aspergillus* Mich. Заспоренность воздуха исследуемых помещений вызвано преимущественно видами *Aspergillus ochraceus, A. biplanus, A. flavipes, A. sydowii, A. niger, A. glaucus, A. parasiticus, A. wentii, Penicillium cyclopium, P. lanosum, P. claviforme, P. italicum, P. restrictum, Cladosporium herbarum.* Наибольшая частота встречаемости отмечена для следующих видов грибов: *Aspergillus ochraceus, A. niger, Penicillium cyclopium, P. lanosum, Cladosporium herbarum*.

Наряду с этим, нами исследовалась микобиота стен и потолков здания архива, где из-за протечки труб и постоянной сырости, обнаружены следы плесени. В результате проведенных исследований с пораженных плесенью стен выявлены следующие виды грибов: *Penicillium cyclopium, Aspergillus niger, A. flavus, A. ochraceus, Cladosporium herbarum, Mortierella spinosa*, а также представители порядка Agonomycetales (*Mycelia sterilia*).

Деструктивная деятельность грибов представлена не только отдельными видами, но и сообществом грибов, причем на идентичных материалах в различных помещениях ряд видов и сочетание компонентов весьма сходны. Так, соскобы со стен разных комнат выявили следующие сочетания видов: комната "повторного позитива" – *Cladosporium herbarum, Penicillium cyclopium, Aspergillus niger, A. ochraceus, A. flavus,* комната "негатива" – *Aspergillus ochraceus, Penicillium cyclopium, Mycelia sterilia, Cladosporium herbarum*, комната "лаванда" – *Aspergillus ochraceus, A. niger, Penicillium cyclopium*, комната "позитива" – *Cladosporium herbarum, Penicillium cyclopium, Mortierella spinosa*.

Исходя из вышеуказаных данных, доминирующими видами вызывающими биоповреждения стен отмечены виды *Penicillium cyclopium, Aspergillus ochraceus*. На кинопленках же были обнаружены следы от разрушающего воздействия вида *Penicillium cyclopium*.

Таким образом, неблагоприятная экологическая обстановка, сложившиеся чрезвычайные ситуации (прорыв труб, протечка кровли и др.), изменение влажности и температуры могут стимулировать рост и распространение микроскопических почвенных грибов в воздухе, которые в основном являются потенциально патогенными. Оценка загрязнения поверхностей плесенью, удаление из помещений материалов, полностью неочищеных и невысушеных, которые могут оставаться источником дальнейшего роста грибов, а также очистка и тщательная просушка помещений, есть основные и необходимые мероприятия, которые необходимо проводить регулярно.

Пребывание в помещениях киноархива, где заспоренность воздуха превышает допустимые нормы, может серьезно отразится на здоровье сотрудников. Своевременное микологическое обследование помещений, а также очистка от плесени пораженных объектов позволит избежать неприятных для здоровья последствий.

Список литературы

1. Элоян И.М., Оганесян Е.Х., Акопян Л.А., Мнацаканян Э.А. Микромицеты воздуха музейных помещений и вызываемые ими негативные последствия. Соврем. микол. в России. 2008; 2: 381.
2. Богомолова Е.В., Миненко Е.А., Кирцидели И.Ю. Потенциальная вирулентность микромицетов, изолированных из музейных помещений. Микол. фитопатол. 2007; 41, 2: 114-9.

СТРУКТУРА БИОМАССЫ ГРИБОВ В ПОЧВАХ ВОСТОЧНОЙ (СТ.«ПРОГРЕСС», «МОЛОДЁЖНАЯ») И ЗАПАДНОЙ (СТ. «РУССКАЯ») АНТАРКТИДЫ

Никитин Д.А., Марфенина О.Е.
Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Одно из актуальных направлений современной микологии – изучение распространения, состава сообществ и экологии грибов в экстремальных местообитаниях. Интерес к изучению грибов в различных биотопах Антарктиды отмечается ещё с 60-х гг. XX века. Однако, до сих пор, основное внимание в микологических исследованиях уделяется биоразнообразию и географическому распространению грибов по поверхностным субстратам (скалы, мхи, экскременты птиц) или глубинным вечномерзлотным породам разных районов Антарктиды [1,2]. В то время как данных по содержанию грибной биомассы, ее структуре, соотношению жизнеспособных и мёртвых грибных пропагул в почвах Антарктиды не имеется. Целью нашей работы была оценка структуры грибной биомассы почв Восточной и Западной Антарктиды.

Образцы почв Восточной части Антарктиды отобраны и описаны в окрестностях станций «Прогресс» и «Молодёжная» к.б.н. Мергеловым Н.С. Из Западной Антарктиды образцы собраны к.б.н. Лупачевым А.В. недалеко от станции «Русская» (земля Мери Берд). Почвы отобраны в 2010 г. и хранились при –20 °С. Для исследования почву «оживляли», добавлением стерильной дистиллированной воды (до 60% влагоёмкости) при +25 °С [1]. Биомассу грибов, ее структуру определяли методом люминесцентной микроскопии при окраске калькофлюором белым (КБ) (оценка общей грибной биомассы), флуоресцеином диацетатом (ФДА) (оценка жизнеспособных клеток), этидиумом бромидом (ЭБ) (оценка мёртвых клеток).

Установлено, что значения грибной биомассы в изученных почвах Антарктиды низкие (до 0,60±0,10 мг/г почвы). Большая её часть представлена спорами (до 70±5%). Доля мицелия невелика (до 30±2%) (рис. 1). При сопоставлении распределения биомассы грибов в разных почвах Антарктиды были выявлены опре-

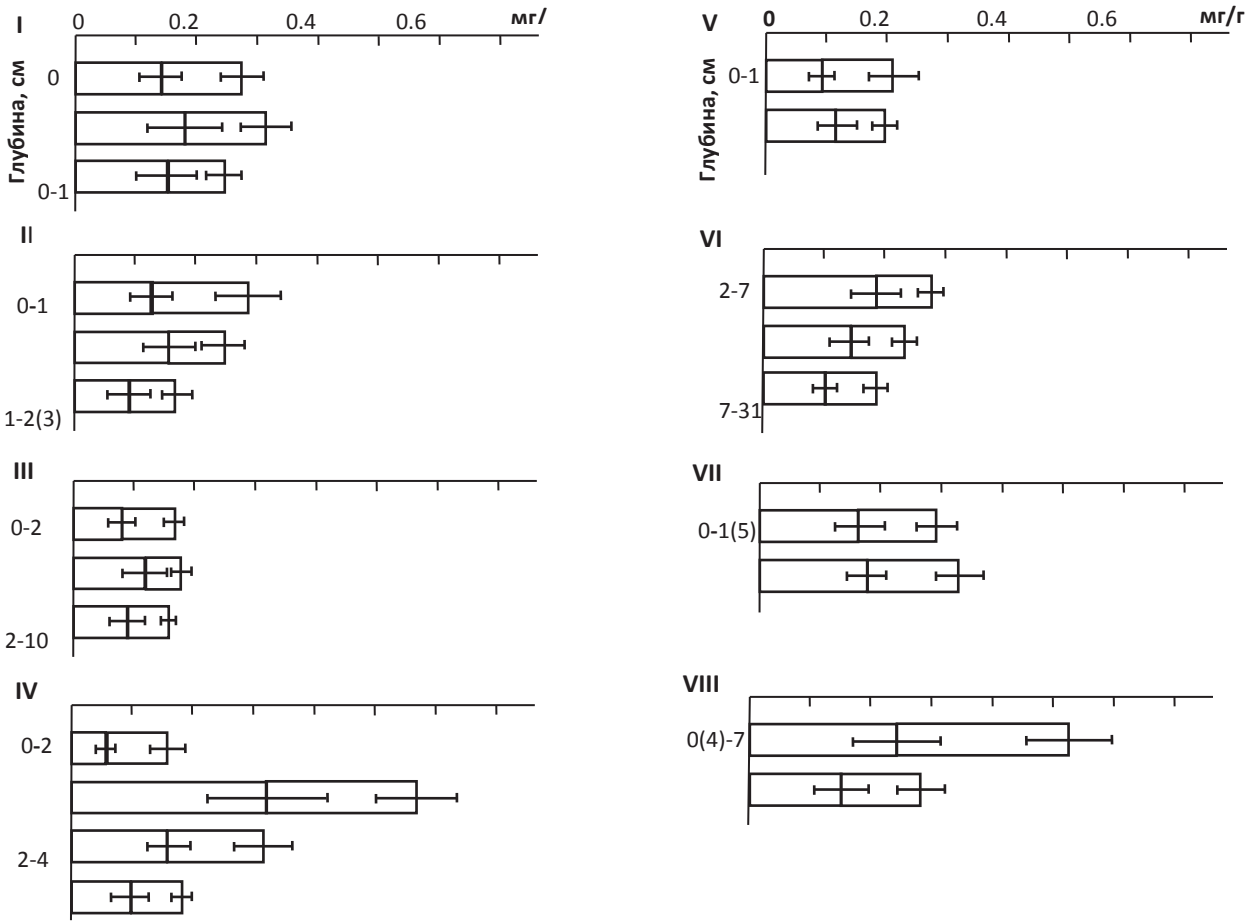


Рисунок 1. Биомасса спор (левая часть столбика) и мицелия (правая часть столбика) грибов в профилях почв Антарктиды; окраска калькофлюором.
Названия профилей приведены под рис. 2.

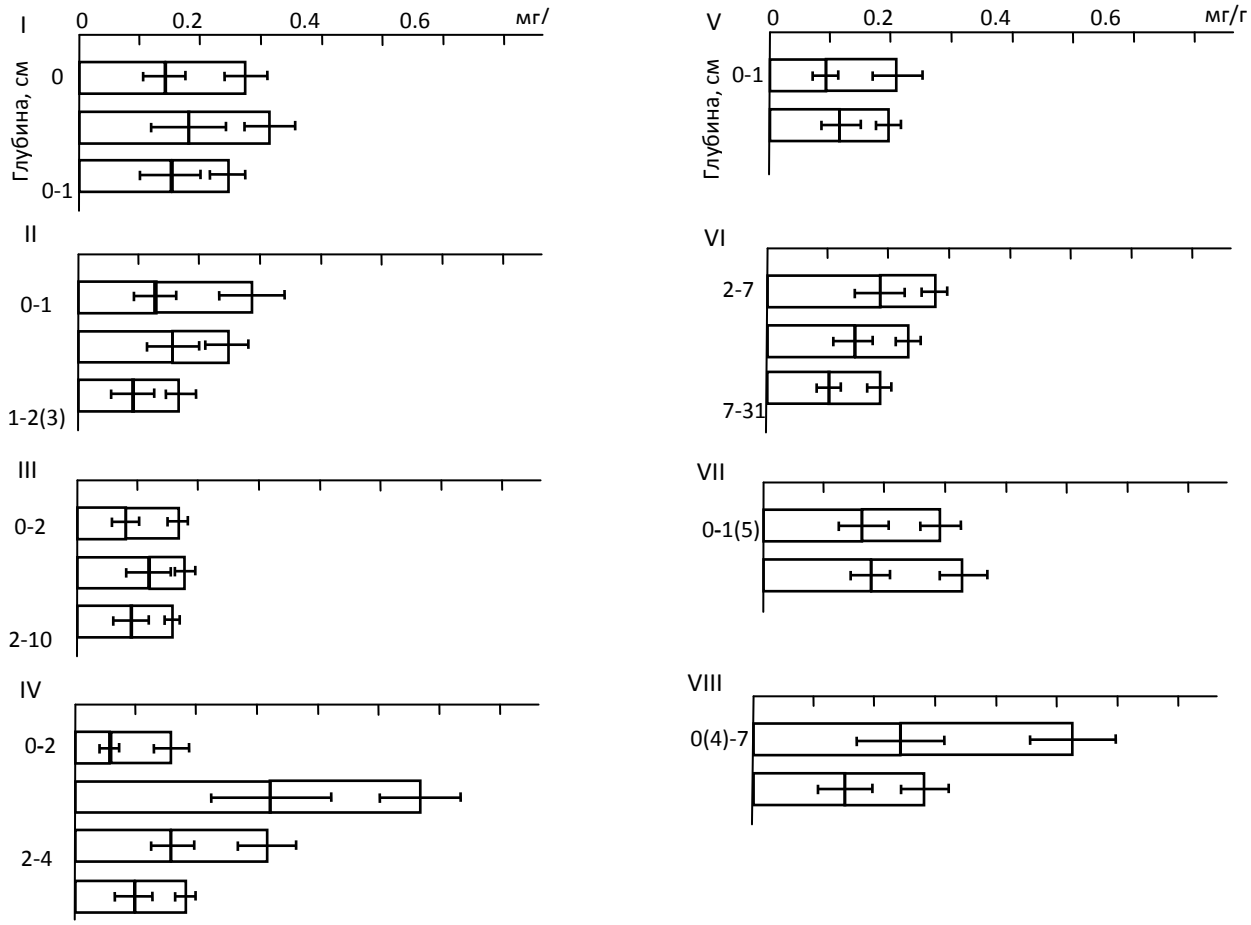


Рисунок 2. Распределение живой (левая часть столбика) и мертвой (правая часть столбика) биомассы грибов по профилям почв Антарктиды.

I - профиль с моховой подстилкой, II – «каменная мостовая» покрытая водорослями, III – «каменная мостовая» без органических остатков, IV – «каменная мостовая» с оторфованным горизонтом, V – песок и щебень с разрастаниями водорослей. VI – сухая почва под лишайниками, VII – реголиты, «каменная мостовая» с водорослями и лишайниками, VIII – влажная почва подо мхами и лишайниками.

деленные отличия. Наибольшая биомасса определена в образцах с высоким содержанием органических веществ (8,74% С) – под моховыми подстилками (до 0,5 мг/г почвы) и в микропрофиле с оторфованным горизонтом (до 0,6 мг/г почвы). Беднейшими (0,18-0,25 мг/г почвы) почвами являются каменные мостовые, безгумусные и засолённые почвы. В каждом из микропрофилей биомасса грибов в поверхностном горизонте мала (около 0,30±0,05 мг/г почвы), но в некоторых профилях (с моховой подстилкой, под лишайниками и с оторфованным горизонтом) её содержание возрастает в подповерхностном горизонте.

Нами проведена оценка биоморфологической структуры биомассы грибов в изученных образцах. В составе грибной биомассы выявлены как мелкие (до 2,5 мкм), так и крупные (более 5 мкм) споры. Во всех изученных почвах преобладали (83±4%) мелкие споры. Крупных спор было значительно меньше (11±1%). В профилях влажных почв подо мхами и лишайниками как в Восточной, так и в Западной Антарктиды отмечена максимальная доля спор больше 5 мкм, которая составляла до 6±1% от общего числа. Некоторые из спор имели характерную морфологию, например, макроспоры грибов рода *Fusarium*. Размерные характеристики грибного мицелия в изученных почвах Антарктики также имели свои особенности. Во всех образцах доминировал тонкий мицелий диаметром 2–3 мкм. Присутствие такого мицелия достигало 91±3% от общего содержания. Отмечено, что доля средних и крупных спор, равно как и толстого мицелия (до 6 мкм), возрастала во влажных почвах, имеющих больше органических веществ (профили с моховой подстилкой (I) и с оторфованным горизонтом (IV)).

Важным показателем состояния почвенной микобиоты является присутствие жизнеспособных грибных пропагул. Выявлено, что во всех изученных почвах содержание живой биомассы примерно равно или лишь незначительно превышало уровни присутствия мертвой биомассы. В целом, доля живой биомассы составляла от 40 до 65% (рис. 2). Хотя в исследованных образцах отмечается существенное варьирование содержания грибной биомассы, но если сопоставлять ее средние значения, то в ряде проанализированных профилей почв (профили I, IV, VII) содержание мертвой

грибной биомассы было несколько выше в поверхностном горизонте, а живой – в нижележащем.

Одновременно с возрастанием общей биомассы доля жизнеспособных пропагул также относительно возрастала (до 64±5%) во влажных почвах богатых органическими веществами. Это, преимущественно, образцы под водорослевым и растительным покровом, а также под лишайниковой коркой. Показано, что данные по общей биомассе грибов при окраске КБ и ФДА+ЭБ сопоставимы. Предполагаем, что сочетание ФДА+ЭБ можно использовать для определения живых и мёртвых грибных пропагул.

При светооптической микроскопии оценивали долю пигментированного (меланизированного) и гиалинового (неокрашенного) мицелия. Установлено, что в верхнем горизонте почв бедных органикой (каменные мостовые, реголиты, засолённые и безгумусные почвы) несколько преобладал меланизированный мицелий (до 65±4%). В подповерхностных горизонтах этих образцов доля пигментированного мицелия снижалась до 41±3%. В почвах, где на поверхности располагается моховая подстилка и лишайниковый покров, такой закономерности не выявлено.

В этих образцах во всех горизонтах гиалинового мицелия было больше, чем меланизированного. Мы предполагаем, что покров мха и лишайников, в определенной степени, защищают почвенные грибы от негативного воздействия ультрафиолетового излучения, что сказывается на содержании пигментированных грибов.

Итак, имеется ряд особенностей структуры биомассы грибов в почвах Антарктиды. Запасы грибной биомассы в примитивных почвах Антарктиды малы (в среднем 0,30±0,05 мг/г почвы). Такой уровень биомассы (десятые доли мг/г почвы) отмечают, как правило, в минеральных горизонтах зональных почв умеренных широт [3]. В этих примитивных почвах, находящихся в экстремальных условиях, не велико содержание живых пропагул, их доля составляет около 50%.

В зависимости от типа биотопа, различается распределение биомассы грибов по микропрофилям. Для биотопов богатых органикой и влагой, с растительным и водорослевым покровом или лишайниковой коркой, максимум биомассы (до 0,60±0,10 мг/г почвы) и живых клеток грибов выявляются в локусах с наибольшим содержанием органических остатков.

Для зональных почв не экстремальных местообитаний максимум запасов грибной биомассы приходится на верхний гумусовый горизонт [3]. Значения грибной биомассы в образцах почв Антарктиды варьируют, что может быть связано с неоднородностью примитивных почв. В составе биомассы преобладают мелкие споры и тонкий мицелий, что характерно для почв экстремальных местообитаний.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14-50-00029.

Список литературы

1. Kochkina G.A., Ozerskaya S.M, Ivanushkina N.E et al. Fungal Diversity in the Antarctic Active Layer. Microbiology. 2014; 83: 94–101.
2. Ruisi S, Barreca D, Selbmann L et all. Fungi in Antarctica. Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 2007; 6: 127–41.
3. Ananyeva ND, Susyan EA, Chernova OV. The Ratio of fungi and bacteria in the biomass of bifferent types of soil determined by selective inhibition. Microbiology. 2006: 75(6): 702–7.

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИЕ ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ СМЕСЕЙ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ

Николаева В.В., Иванова А.Е.
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

В настоящее время в Москве действуют правила эксплуатации зеленых насаждений, предписывающие регулярный вывоз листового опада и скошенной газонной травы с городских территорий, исключение составляют лесопарки, городские леса и частично ландшафтные и исторические парки [1]. Для восполнения потерь углерода в результате вывоза опада на городских почвах рекомендована рекультивация поверхностных горизонтов почв специальными рекультивационными смесями. В Москву ежегодно ввозится около 800 млн м^3 содержащего растительные остатки грунта [2]. Состав используемых рекультивационных смесей четко регламентирован нормативными документами [3]. В качестве микробиологических требований используют бактериологические показатели (титр кишечной палочки, содержание энтеробактерий) и присутствие жизнеспособных яиц гельминтов. Показатели микологического состояния почвогрунтов – общий видовой состав грибов, присутствие фитопатогенных и потенциально патогенных для человека видов - не контролируются.

Недавно было показано, что такие смеси в городских условиях минерализуются в течение 3–4 лет [4]. При этом ничего не известно ни о путях разложения самих вносимых смесей, ни также о составе и трансформации поступающих с ними в городские почвы микроорганизмов-деструкторов, в первую очередь, целлюлозолитических грибов как наиболее функционально важной группы организмов, разлагающих растительные остатки.

Цель работы – выявить судьбу целлюлозолитических грибных сообществ, поступающих в городские почвы с рекультивационными смесями.

Для этого в первой половине лета был заложен полевой модельный эксперимент с нанесением сертифицированного почвогрунта на городские почвы урбанозем и технозем (р-н Раменки, г. Москва) в соответствии с правилами рекультивации г. Москвы [1]. В качестве фоновой почвы для сравнения была выбрана дерново-подзолистая почва заказника "Воробьевы горы". На экспериментальных участках площадью 1м^2 наносили рекультивационную смесь (почвогрунт) слоем 10–15 см. Контролем служила сама городская почва.

Выделение целлюлозолитических грибов осуществляли методом приманок [5]: посезонно в верхние 10 см почв и нанесенной рекультивационной смеси размещали по 10 дисков стерильной фильтровальной бумаги, каждый площадью 30 см^2 и инкубировали 10–14 дней. Далее приманки изымали, раскладывали на твердую питательную среду Гетчинсона без целлюлозы и выдерживали в термостате 14 дней при 25 ^{o}C; затем проводили учет и выделение чистых культур целлюлозолитических грибов с последующей идентификацией на основании культурально-морфологических признаков.

В ходе эксперимента параллельно отбирали почвенные образцы. Анализировали ферментативную активность на спектрофотометре – целлюлазную и уреазную [5]. pH исходной рекультивационной смеси был нейтральный, а городских почв – слабо щелочной; уреазная активность почвогрунта была ниже, чем в исследуемых почвах. Однако спустя 9 мес, после зимнего снеготаяния, pH рекультивационного слоя и уреазная активность уже не отличались от обнаруживаемых в почвах, что свидетельствует о быстром вовлечении почвогрунта в селитебное использование экспериментальных участков.

Уровни и динамика целлюлазной активности городских почв, определяемой лабораторно, соответствовали фоновой дерново-подзолистой почве в вегетационный период, однако в зимний период в городских почвах она оказалась в 4–6 раз выше. Исходная целлюлазная активность рекультивационного слоя достигала уровня 11,4 мкг/10 г почвы, что в 2 раза больше, чем в городских почвах летом, но уже спустя 4 мес снижалась до уровня контрольных участков и далее не отличалась.

Целлюлозолитические грибные сообщества исследованных городских почв существенно различались между собой по составу и структуре. Видовое разнообразие микромицетов в обеих городских почвах было ниже, чем зональной почве, причем наименьшим видовым богатством обладал технозем. В урбаноземе в течение года доминировал по встречаемости *Clonostachys rosea*, в отдельные сезоны отмечали обилие темноокрашенных микромицетов *Stachybotrys chartarum*, зигомицетов *Mortierella polycephala* и *Cunninghamella echinata*. В техноземе в течение года постоянно преобладали зигомицеты (представители родов *Cuninghamella, Mucor, Mortierella*) и *Arthrobotrys oligospora*. Весной, после снеготаяния, наблюдали возрастание сходства сообществ исследуемых почв.

Исходное сообщество грибов-целлюлозолитиков, вносимое вместе с рекультивационной смесью, принципиально отличалось от городских почв, коэффициенты сходства Съеренсена-Чекановского составили 0,05 и 0,02 для урбанозема и технозема соответственно. Наносимый рекультивационный слой был крайне мало разнообразен по видовому составу – абсолютно преобладали виды рода *Chaetomium* (*C. bostrychodes, C. cochlioides, C. globosum, C. murorum*). Возрастание сходства грибных сообществ в нанесенном рекультивационном слое с самими городскими почвами отмечали через 4 мес, что совпадало со снижением целлюлазной ферментативной активности. К этому сроку в нанесенном рекультивационном слое начинали регистрировать появление видов, характерных для конкретных исследованных типов городских почв: в урбаноземе до 15% комплекса по обилию составляли *Clonostachys rosea*, а в техноземе *Acremonium charticola, Stachybotris chartarum*, грибы рода *Penicillium*.

Дальнейшая трансформация целлюлозолитического сообщества рекультивационного слоя проявлялась в увеличении сходства его состава и структуры с городскими почвами до 20–30% весной, после снеготаяния, и до 40% спустя год. Весной в обеих почвах значительно сокращается доля рода *Chaetomium* и продолжают развиваться представители сообществ самих почв (в урбаноземе – *Humicola grisea, Mortierella polycephala*, в техноземе – *Arthrobotrys oligospora, Mortierella polycephala, Stachybotris chartarum*).

Через год в рекультивационном слое на обеих почвах полностью исчезают представители рода *Chaetomium*, сохраняется единично лишь *C. globosum* в урбаноземе. Сообщество нанесененого рекультивационного слоя трансформируется, в нем доминируют типичные в этот сезон микромицеты самих городских почв: *Cuninghamella echinata, Mucor hiemalis, Aureobasidium pullulense* – в урбаноземе, и *Cuninghamella echinata, Zygorhynchus heterogamus, Arthrobotrys oligospora*, *Humicola grisea* – в техноземе.

При больших площадных обустройствах городских территорий – например, при точечном строительстве нового жилья, когда большие территории вокруг новостроек, конструируемые с использованием рекультивационных смесей, размещаются – «встраиваются» – в длительно существующие городские экосистемы с урбаноземами – замещение исходных грибных сообществ рекультивационных смесей происходит более длительно. Мы провели сравнительное исследование сообществ целлюлозолитических грибов по трансекте через каждые 6–9 м от вновь сформированного 2-летнего технозема к урбанозему (р-н Раменки, г. Москва) методом целлюлозных приманок.

Результаты показали, что в техноземе наблюдается более высокий уровень целлюлазной активности и, что характерно для рекультивационных смесей, отмечается высокое содержание темноокрашенных грибов (преобладают *Alternaria alternata, Aureobasidium pullulense, Humicola grisea, Stachybotris chartarum*, но не рода

Chaetomium) и присутствие зигомицетов (Mortierella polycephala). Урбанозем отличается от технозема, но можно выделить переходную зону, в которой доминируют по обилию темноокрашенные (*Alternaria alternata, Humicola grisea*, *Stachybotris chartarum*), и также с высокой частотой встречаемости обнаруживаются типичные для урбанозема виды родов *Clonostachys, Cunninghamella, Fusarium*.

Это можно рассматривать как свидетельство постепенного замещения в краевой зоне грибного сообщества технозема микобиотой из окружающего урбанозема.

Таким образом, внесение рекультивационных смесей в городские почвы может вызывать лишь кратковременное изменение целлюлозолитических грибных сообществ. Перестройка сообществ рекультивационных смесей, изначально отличных от таковых в городских почвах, начинается уже через 4 мес. Менее чем через год происходит существенное замещение сообществом, типичным для городских почв.

Список литературы

1. Постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. N 743-ПП “Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы” (с изменениями от 11 мая 2010 г.)
2. Вардомская Е.Е Контроль за состоянием почвы в городе Москве. Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. 2008; 1(34) (электронный журнал).
3. Постановление Правительства Москвы от 27 июля 2004 года N 514-ПП “О повышении качества почвогрунтов в городе Москве” (с изменениями от 25 октября 2011 г.)
4. Иванников Ф.А. Трансформация почвоподобных техногенных образований в условиях урбоэкосистемы (на примере г. Москвы). Автореф. дисс. … канд. биол. н. М. 2011: 25 с.
5. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ. 1991: 303 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В РАЗВИТИИ МИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ

Осипян Л.Л.

Ереванский государственный университет,кафедра ботаники и микологии, Армения

Накопленные в Республике Армения в течении долголетних исследований сведения о видовом биоразнообразии разных трофических и экологических групп грибов, участвующих в биологических процессах происходящих в природных и искусственных экосистемах, позволяют отнести ее к числу стран с интенсивным развитием микологических исследований. Полученные данные обобщены в ряде монографий и в восьми томах “Микобиоты Армении” (тома I – VII были изданы под названием “Микофлора Армянской ССР”). Эти работы обрели большую ценность как аргументы исторического значения.

Основным направлением микологических исследований в XX столетии было изучение биологического разнообразия фитопатогенных, почвенных, водных микромицетов, грибов-контаминантов переработанных пищевых продуктов, их токсинобразование, грибов-деструкторов промышленных материалов и изделий из них, а также напочвенных и дереворазрушающих макромицетов и культивирование их полезных представителей. Однако уже тогда же были заложены основы для исследований грибов и других трофических и экологических групп, как, например, возбудителей болезней человека.

В настоящее время современная тематика микологических исследований диктует необходимость расширения работ по выявлению биологического многообразия грибов с учетом местных и глобальных существенных экологических, экономических и социальных изменений, которые произошли в сравнительно небольшом временном отрезке (примерно за последние 20–25 лет). В их числе важнейшими являются следующие.

Природные катаклизмы – изменение климата, опустынивание значительных территорий, землетрясения, оползни, эрозия и смыв плодородных почв и др.

Передел земельных площадей по форме собственности и функциональному назначению, приведший к изрезанности и измельчению земельных угодий, что привело к существенным изменениям агроразнообразия.

Интенсивное развитие горно-рудной промышленности, которая вносит ландшафтные изменения и загрязняет природу хвостохранилищами.

Энергетический кризис, приведший к бесконтрольному истреблению лесов для восполнения топливных и строительных ресурсов. Это поставило под угрозу генетическое разнообразие лесных пород, что и способствовало увеличению риска исчезновения аборигенных древесных растений, заноса “сорных” видов, снижению устойчивости к грибным заболеваниям.

Снижение социальной обеспеченности населения и развитие рыночной экономики привели к массовому бесконтрольному использования биоресурсов - сбору съедобных, лекарственных, декоративных и других полезных растений, повышая тем самым риск исчезновения некоторых из них, а вместе с ними и соответствующей им микобиоты.

Беспрецедентный размах импорта в страну пищевой продукции, сельскохозяйственных и декоративных растений из стран разных континентов, повысил

риск инвазии новых грибных агентов в качестве возбудителей болезней растений, животных и человека, контаминантов пищевых продуктов, деструкторов промышленных материалов. Биологическая инвазия – одна из серьезнейших экологических проблем. Чужеродный организм, проникая на новые территории, угрожает местному биологическому разнообразию и может вызвать необратимые процессы в окружающей среде на генетическом, видовом и экосистемном уровнях. Инвазивные виды оказываются более конкурентоспособными, чем аборигенные виды и могут значительно расширить круг поражаемых субстратов. Импортированные растения поступают в основном в виде семян, вегетативных органов (клубни, луковицы, корневища), а также в вегетирующем состоянии в компостно-торфяном субстрате. Все отмеченное может стать рассадником грибной болезнетворной инфекции.

Патогенные грибы и их токсические метаболиты загрязняющие не только окружающую среду, но и внутреннюю среду человека и животных, попадая туда через пищу, корм, воздух. Большую озабоченность вызывает проблема оппортунистических микозов и микотоксикозов, возбудителями которых становятся патогенные грибы, распространяющиеся в среде окружающей человека и непосредственно в местах его обитания – в жилых, служебных, больничных помещениях.

Современная биотехнология с использованием грибных объектов имеет перспективу решения важнейших задач в продовольственной и фармацевтической промышленности.

Возникла возможность решать таксономические вопросы на основе классического и комплексного подхода с использованием методов биохимических, генетических и молекулярно-биологических.

Перечисленное свидетельствует о значительных изменениях происходящих в природных и искусственных экосистемах, которые отражаются непосредственно на объектах служащих потенциальными питательными средами для развития грибов. Неизбежными становятся сукцессионные и инвазивные процессы, влияющие на состав микобиоты. Возникает необходимость постоянного мониторинга по выявлению видового биологического разнообразия и биологических особенностей его представителей в новых ситуационных обстоятельствах.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОДА НА МИКОБИОТУ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА САМАРА

Овчинникова Т.А., Кленова Н.А.
Самарский государственный университет

Снеговой покров как элемент городских экосистем аккумулирует разнообразные загрязнители атмосферного воздуха, в том числе микобиоту, сохраняя их в течение зимнего периода и высвобождая при таянии. Источником поступления грибных пропагул в снеговой покров являются: снеговые осадки из более высоких низкотемпературных слоев атмосферы, снеговые массы, увлекаемыми горизонтальными потоками воздуха из пригородных территорий, а также споры грибов, развивающихся в зимний период в самой городской среде. В воздухе городов в зимний период микромицеты, как правило, обнаруживаются, но численность их снижается в 2–3 раза по сравнению с летне-осенним периодом [1]. Исследование снегового покрова, проведенные в урбосреде Москвы и Саратова, обнаружило сходную для обоих городов специфику микобиоты. Авторы отмечают, что микобиота снегового покрова несет черты стрессового воздействия низких температур, что проявлялось в доминировании стерильного мицелия и темноокрашенных видов грибов [1, 2]. Особенности видового состава микобиоты зимнего города, его взаимосвязь с предшествующим теплым сезоном года, влияние на нее погодных условий текущего зимнего периода остаются неизученными.

Цель работы – исследование численности и состава микобиоты снегового покрова территории города Самары, сформированного к концу февраля 2013 и 2014 гг. Сопоставление микобиоты 2013 и 2014 гг. и выяснение их взаимосвязи с гидроклиматическими условиями зимних периодов и предшествующих вегетационных периодов.

Объектом исследования явилась микобиота снегового покрова на территории города Самара, образованного естественным снегопадом, напрямую не затронутым снегоуборочной техником и влиянием людских потоков, в период с декабря по февраль в 2013 и в 2014 гг.

Отбор снеговых проб производился из верхнего слоя 0-40 см, при глубине покрова – 70–80 см, в объеме 3 л в 19 экспозиционных точках, находящихся в условиях разного уровня антропогенного воздействия. В трех экспозиционных точках отбор проб снега проводился по профилю, исследовались три слоя, приблизительно сформированных в начальном, среднем и конечном периоде зимы. Фоновой зоной служил снегостав северной окраины города, удалённой от автотрассы на расстоянии около 500 м. Отбор проб проводился в центральной части города, в районе речного вокзала, а также на территории трех парков, два из которых, Загородный и Струковский находятся в прибрежной части города, и третий, парк имени Ю. Гагарина углублен в городской массив и окружен кольцом автодорог. Посев талой воды производили на

агар Чапека в объеме 1–1,5 мл на чашку Петри. Посевы анализировали на 10- и 20-е сут инкубации.

Состав микобиоты снежного покрова городской среды в 2013 и 2014 гг. существенно различался, однако доминирующие таксоны в пробах, отобранных с разных территорий, в один срок были сходными.

Доминирующими по частоте встречаемости в 2013 г. были 2 рода микромицетов – *Aspergillus* – 40%. и *Alternaria* sensu lato – 40 %. Видовая идентификация была проведена только для представителей рода Aspergillus, как грибов наиболее устойчивых к неблагоприятным условиям зимы в этот период, и формирующих на агаре спороносящие колонии. Высокая встречаемость (30%) были характерны для колоний со стерильным мицелием (табл. 1).

Наиболее разнообразными и многочисленными были представители рода *Aspergillus*. Среди них были идентифицированы 4 вида: *Aspergillus flavus, A. candidus, A. fumigatus, A. glaucus.* Колонии *A. glaucus* и *A. candidus* были единичными, но именно эти виды характерны для снегового покрова г. Москвы [1]. Численность же *A. flavus* была более низкой, до 2 КОЕ/мл, но встречался он чаще – 30% (табл. 1).

Среди несовершенных грибов наиболее стрессоустойчивыми, сохраняющими способность к росту колоний на питательных средах и спорообразованию после длительного промораживания можно отметить представителей родов *Aspergillus* и *Penicillium* [3].

Значительная доля аспергиллов в снеговом покрове в феврале 2013 г. была обусловлена, по-видимому,

Таблица 1. Сравнение микобиоты снегового покрова города Самары 2013 и 2014 годов

Год	Доминанты			Субдоминанты			Стерильный мицелий
	Таксон	Встречаемость	Показатель численности	Таксон	Встречаемость	Показатель численности	
2013	*Aspergillus*	40%	ед.– многочисл.	*Alternaria sensu lato*	40%	0 – редкие	30%
	A. fumigatus	10%	0 – мночисл.				
	A. flavus	30%	ед. – редкие				
	A. glaucus	10%	ед.				
	A. candidus	10%	ед.				
2014	Пикнидиальные грибы, преобладающий род Phoma	90%	0 – многочисл.	*Alternaria sensu lato*	70%	0 – многочисл.	30%

не только их устойчивостью к промораживанию февральскими морозами, но и существенным накоплением пропагул аспергиллов в экстремальные для биоты летне-осенние периоды 2010–2012 гг., что было обнаружено для городской среды Самары [5]. Представители рода *Aspergillus* к концу летнего периода жаркого и сухого 2010 г. становятся доминантами в микобиоте города, сменяя обычно доминирующих альтернарий. Содержание аспергиллов постепенно снижалось к 2012 г. [5, 6].

В феврале 2014 г. исследовалась микобиота трех парковых зон города и центральной части (всего 10 проб). В микобиоте снегового покрова парковых зон города и территории речного вокзала в феврале 2014 года аспергиллы фактически отсутствовала. В снеговом составе 2014 г. по численности и встречаемости преобладали темноокрашенные грибы, это пикнидиальные грибы, частота встречаемости которых составила 90%. Среди темноокрашенных микромицетов доминировали также представители рода *Alternaria* (*Alternaria* sensu lato), обычно обильные в летне-осенний и зимний период года на территории города Самара [5, 6]. Частота их встречаемости в зимний период 2014 г. составила 70%, а в 2013 г. – 40%. Частота встречаемости *Aureobasidium pullulans* составила 20%. Высокая встречаемость (30%) отмечена нами и для грибов, имеющих стерильный мицелий (табл. 1).

Среди пикнидиальных преобладали грибы рода Phoma. Представители рода *Phoma* часто патогены высших растений, которые активно развиваются в корнях, на листьях и стеблях в осенний период, они также могут быть сапрофитами, участвуя в разложении растительного опада, могут развиваться на промышленных материалах в условиях повышенной влажности, разрушая бетон, лакокрасочные покрытия, на картоне и бумаге [3].

В снеговом покрове города Москва пикнидиальные грибы также занимают доминирующие позиции, особенно в придорожных зонах, испытывающих наибольшее загрязнение[4]. В снеговом покрове 2013 г. на территории города Самара пикнидиальные грибы не были обнаружены совсем (табл. 1). Появление же в снеговом покрове города в феврале 2014 г. в значительном количестве пикнидиальных грибов, по-видимому, является следствием погодных условий летне-осеннего периода 2013 г., когда произошло сильное переувлажнение почв. Переувлажнение почв было следствием обильных снегопадов в зимний период,

которые дополнились продолжительными осадками в июле–сентябре 2013 г. [7]. Снижение устойчивости растений, активация развития факультативных паразитов привело к накоплению в почве и внешней среде пропагул патогенных грибов. Могли активироваться и сапротрофные виды рода *Phoma*, участвующие в разложении растительного опада и подстилки.

Сопоставляя показатели микобиоты снегового покрова города Самара 2013 и 2014 гг. можно говорить о различиях состава доминирующих групп микромицетов, связанных с климатическими условиями сравниваемых годов, и о сходстве субдоминантов, представителей рода *Alternaria*. Грибы рода *Alternaria* были безусловными доминантами городской среды в летний и осенний периоды года на протяжении длительного периода исследования с 2000 по 2013 гг., споры грибов рода *Alternaria* обнаруживались нами также в воздухе города и в зимние периоды, но редко в качестве преобладающей группы [6].

Послойное исследование микобиоты снегового покрова в трех экспозиционных точках позволило объяснить, выявленные нами закономерности для микобиоты верхних слоев снегового покрова конца зимы. Нижние слои снежного покрова, образованные в начале зимы, содержали до 75% крупноспоровых микромицетов, длина спор более 10–20 мкм, Сюда относятся прежде всего альтернарии, которые с большей вероятностью, чем мелкоспоровые (d =2–5 мкм) увлекались первыми снегопадами из атмосферного воздуха и городской среды. В верхних слоях снежного покрова преобладали до 85% мелкоспоровые микромицеты. О лучшей сохранности спор в нижнем слое свидетельствует факт отсутствия в посевах из него неидентифицированных колоний.

Список литературы

1. Овчинникова Т.А., Панкратов Т.А. Мониторинг воздушной микофлоры города Самары. Мониторинг окружающей среды. Тольятти. 2003: 170-4.
2. Кулько А.Б., Марфенина О.Е. Состав микроскопических грибов в снеговом покрове города.Микробиология. 1998; 67(4): 569-72.
3. Быкова М.А., Абросимова О.В., Тихомирова Е.И., Макарова А.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды г. Саратова по данным химического и микробиологического загрязнения.Фундаментальные исследования. 2012; 5: 133-7.
4. Пидопличко Н.М. Определитель пикнидиальных грибов. Киев: Наукова Думка. 1982: 196 с.
5. Овчинникова Т.А., Кремс Е.В., Корчиков Е.С. Сезонная динамика микобиоты листовой поверхности древесных растений городской среды. Вестн. Самарского государственного университета. 2013; 6: 188-95
6. Овчинникова Т.А. Грибы рода Alternaria как доминанты аэропланктона городской среды. Тр. XIII съезда ботанического общества. Тольятти. 2013: 164-6.
7. Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2013 год. М. 2014: 109 с.

ЭПИФИТОТИИ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД – ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА МАССОВОГО УСЫХАНИЯ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Павлов И.Н., Евдокимова Л.С., Перцовая А.А.
Институт леса имени В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

В последнее два десятилетия на территории России площадь насаждений, погибших от болезней леса, по сравнению с предыдущим периодом заметно увеличилась [1]. Для понимания процессов усыхания нами использованы многолетние (1996 – 2014 гг.) данные наблюдений на постоянных пробных площадях, маршрутных обследований с закладкой временных пробных площадей на ключевых участках. Исследования охватывают южную тайгу и лесостепь Сибири, лиственничное редколесье полуострова Таймыр, горно-таежные леса Западного и Восточного Саян, Кузнецкого Алатау, а также Сихотэ-Алинь.

Установлено, что в куртинном усыхании хвойных лесов Сибири и Дальнего Востока значение возбудителей корневых гнилей (*Armillaria mellea* s.l., *Heterobasidion annosum* s.l., Phellinus sulphurascens Pilat., *Porodaedalea niemelaei* M. Fischer, *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.) на фоне снижения биологической устойчивости хвойных деревьев из-за недостаточного увлажнения в отдельные периоды, неблагоприятного температурного режима, техногенного загрязнения воздуха и других видов антропогенного воздействия является основным. Хотя часто в ряде исследований среди причин усыхания влияние корневых патогенов остается по-прежнему недооцененной. Причиной значительного занижения вредоносности возбудителей корневых гнилей является сложность их идентификации (часто отсутствие плодовых тел, обязательное сопряженное поражение другими болезнями и вредителями).

Очаговый характер поражения, развитие мицелия, характерные признаки деструкции ксилемы корней, основания ствола, истечение смолы позволили нам сделать заключение о воздействии корневых патогенов. Для *A. mellea* s.l. было характерно образование веера мицелия под корой не только сильно ослабленных и усыхающих деревьев, но, часто, на ослабленных

или даже на деревьях без признаков ослабления (Abies sibirica). Площадь очагов патологического отпада изменяется от 0,1 до 30 га. Усыханию подвержены деревья всех классов Крафта. Возраст погибших деревьев – 50-260 лет. В большей степени усыханию подвержены *Pinus sibirica, Abies sibirica* и *Abies nephrolepis*. В отличие от Heterobasidion annosum s.l., усыхание хвойных деревьев в результате воздействия A. *mellea* s.l. происходит очень быстро, без какого-либо предварительного заметного ослабления древостоя.

По результатам скрещивания моноспоровых культур плодовых тел опенка из очагов куртинного усыхания с тестерами европейских и китайских видов, проведенного при активном содействии и помощи К. Корхонена (Finnish Forest Research Institute), на территории Сибири было выявлено 2 вида, входящих в комплекс *A. mellea* s. l.: *A. borealis* Marxm. & Korh. – обладает ярко выраженными патогенными свойствами и встречается во всех обследованных нами усыхающих древостоях; *A. cepistipes* Velen. – обнаружен только на старом сухостое. С применением указанного метода на территории Сибири было выделено 2 вида корневой губки *H. annosum* (Fr.) Bref. s. str. и *H. parviporum* Niemelä & Korhonen.

Триггерным механизмом эпифитотий корневых гнилей древесных пород является сочетание неблагоприятных для деревьев климатических аномалий в сочетании с определенными эдафическими условиями и (или) комплекс благоприятных факторов для патогенных организмов. Одни и те же климатические аномалии могли привести как к ослаблению хвойных деревьев, так и росту вирулентности и агрессивности корневых патогенов. В целом, основными причинами активизации возбудителей корневых гнилей и последующего массового усыхания хвойных лесов являются:

- рост приземной температуры воздуха. Установлен устойчивый тренд увеличения температуры приземного слоя воздуха в последние два-три десятилетия для районов массового куртинного усыхания хвойных древостоев. Рост температуры почвы на глубине 0,2 и 0,4 м, в сравнении с температурой приземного слоя воздуха, происходит более интенсивно (особенно в осенний период);
- достижение определенного возраста, при котором замедляются физиологические процессы и снижается устойчивость ко многим неблагоприятным факторам;
- рост ветровой нагрузки на леса (вследствие изменения климата и увеличения площадей вырубок), содействующий развитию раневых гнилей;
- рубка деревьев, способствующая распространению корневых патогенов;
- рост численности популяций стволовых вредителей (*Monochamus urussovi* Fisch.; *Ips typographus* L.; *Ips sexdentatus* Boerner; *Tomicus minor* Hartig, Tomicus piniperda L.), в т.ч. инвазивных видов (Polygraphus proximus Blandford). Этому способствует потепление климата; лесозаготовки; накопление древесного отпада и сильно ослабленных деревьев в результате воздействия возбудителей корневых гнилей. Значительно ослабленные корневыми патогенами деревья не могут обеспечить успешную защиту от насекомых и в период их массового размножения погибают. Часто, при быстром окольцовывании *A. borealis* корневой шейки *A. sibirica* и *A. nephrolepis* усыхание происходит без участия ксилофагов;
- сопутствующие болезни (листьев, сосудистые и некрозно-раковые): *Cytospora chrysosperma* (Pers.) Fr., (для *Populus tremula*); *Peridermium pini* (Willd.) Lév. (для *Pinus silvestris*); *Cronartium ribicola* J.C.Fisch. (для *Pinus sibirica*) и др.;
- отсутствие оптимального видового баланса микоценоза в биоценозе;
- строение древостоя, несоответствующее лесорастительным условиям (состав, горизонтальная и вертикальная структура, распределение биометрических показателей);
- техногенное загрязнение, ведущее к общему снижению устойчивости хвойных лесов;
- изменение водного режима в результате увеличения количества осадков, а также причин антропогенного происхождения (подпор грунтовых вод при строительстве дорог, сооружение водохранилищ).

Так, на территории приенисейской части Инской ленты (Минусинские боры) абсолютная величина подъема грунтовых вод составила 2–4 м (прежде всего за счет создания искусственных озер, уплотнение грунта под дорогами, фильтрации воды через карст из Саяно-Шушенского водохранилища).

Для всех изученных пораженных биогеоценозов была характерна сопряженность центров очагов усыхания (точек возникновения очагов патологического отпада) с эдафическими аномалиями. Общей закономерностью является формирование условий благоприятных для корневых патогенов и одновременно снижающих биологическую устойчивость древесных растений.

В зависимости от районов и категории площадей нами были выделены следующие виды эдафических аномалий:

1. Маломощные почвы (корнеобитаемый слой 20-40 см), подстилаемые твердыми горными породами, ведущими к ограничению роста корневых систем хвойных древесных растений; наличие в почвенном профиле крупных камней; повышенная влажность, пониженное значение pH, большее содержание глинистой фракции в иллювиальном горизонте почвы (Восточный и Западный Саяны, Кузнецкое Алатау, Сихотэ-Алинь).

Чаще всего очаги куртинного усыхания образуются в средней части хорошо прогреваемых склонов ЮВ-ЮЮЗ экспозиции (данная приуроченность к освещенным склонам возрастает с высотой над уровнем моря). В этих условиях снижение биологической устойчивости древесных растений из-за недостатка влаги и питательных веществ, хорошая прогреваемость почвы способствуют возрастанию вирулентности и агрессивности корневых патогенов.

2. Суглинистые прослойки среди песчаных отложений (Минусинские ленточные боры, ленточные боры юга Западной Сибири). Способствуют формированию

оптимальной для корневой губки влажности, прежде всего, подъем (аккумуляция) влаги по суглинистым элементам в засушливый период.

3. На землях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования в менее плодородных условиях на более легких почвах с частично смытым гумусовым горизонтом и нарушенной структурой у древесных растений снижается устойчивость к любому биотическому воздействию и климатическим аномалиям.

Также долговременным фактором определяющим устойчивость, в первую очередь сосновых древостоев, является густота произрастания в начале формирования насаждения. Для устойчивых древостоев (без признаков поражения возбудителями корневых гнилей) характерно достаточно свободное произрастание в молодом возрасте (свидетельствует их более интенсивный рост). Они смогли избежать влияния «эффекта группового угнетения», который имеет место в одновозрастном загущенном древостое при достаточно равномерном размещении отдельных особей на площади после смыкания крон и вступления соснового древостоя в фазу жесткой конкуренции и активной дифференциации.

Районы массового усыхания кедровых лесов (Pinus sibirica) приурочены к территориям, испытывающим определенный дефицит осадков (Восточный Саян; часть северного макросклона Западного Саяна, включающая бассейны рек Карасибо и Оны, под влиянием барьерной роли Абаканского хребта и сухой Минусинской котловины; восточный макросклон Кузнецкого Алатау). В тоже время для территорий, выбранных в качестве контроля (незначительный патологический отпад), например, Анзасское участковое лесничество, отличительной особенностью является большее количество осадков, типичное для северных предгорий Западного Саяна. Это и является одной из основных причин устойчивости кедра, в том числе и к корневым патогенам. Подтверждением этого также является отсутствие значительного куртинного усыхания среди старовозрастных насаждений кедра в предгорьях хребтов Ергаки и Араданский. Их расположение на пути переноса воздушных масс определяет обилие осадков в наветренной части макросклона (1000–1500 мм, половина годовой суммы осадков выпадает в течение трех летних месяцев) и резкое снижение их количества на подветренной стороне.

Следует ли относить возбудителей корневых гнилей лишь к исключительно вредным организмам? В смешанных разновозрастных насаждениях при наличии широкого биоразнообразия дереворазрушающих грибов (антагонистов корневым патогенам), вирусов и других микроорганизмов (сверхпаразитов) процессы возникновения и затухания очагов усыхания идут непрерывно. Однако площадь усыхания редко превышает 0,1 га. После гибели части деревьев в очагах усыхания состояние и прирост оставшихся в насаждении за счет оптимизации условий произрастания в целом улучшается. В дальнейшем, за счет естественного возобновления в очагах, сохраняется разновозрастный, смешанный по составу древостой, отличающийся большей устойчивостью к болезням, вредителям и климатическим аномалиям.

Особая вредоносность корневых патогенов, в первую очередь *A. borealis*, установлена нами в приспевающих-спелых одновозрастных хвойных древостоях, где благодаря их пониженной биологической устойчивости созданы идеальные условия для роста вирулентности и агрессивности грибов. В данных условиях хозяйственная деятельность должна быть направлена не столько на борьбу с возбудителями корневых гнилей, а также сопутствующих болезней и вредителей, сколько на своевременное изъятие их кормовой базы, формирование разновозрастного и смешанного насаждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке мега-проекта «Геномные исследования основных бореальных лесообразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации» (договор №14.Y26.31.0004)

Список литературы

Состояние лесов Российской Федерации в 2013 году и прогноз на 2014 год. ФБУ Рослесозащита, 2013. 41 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Пивченко Д.В.[1], Кляйн О.И.[2], Куликова Н.А.[1,2], Ландесман Е.О.[2], Королева О.В.[2]

[1]МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

[2]Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва

Введение. Использование биотехнологических подходов с применением базидиальных грибов для очистки различных природных сред от загрязняющих веществ является одним из наиболее активно развивающихся направлений современной биотехнологии [1]. Это обусловлено, с одной стороны, возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, а, с другой, рядом преимуществ базидиальных грибов перед другими биологическими агентами [2].

Уникальной особенностью базидиальных грибов является способность выделять лакказы и пероксидазы – основные ферменты лигнинмодифицирующей системы, обладающие широкой субстратной специфичностью. Эта особенность позволяет базидиаль-

ным грибам существовать в присутствии высоких концентраций загрязняющих веществ и разлагать в природных условиях ксенобиотики различной химической природы, в том числе нефтяные углеводороды, являющиеся одними из наиболее опасных органических загрязняющих веществ [1]. Особенностью биоразложения нефтяных углеводородов базидиальными грибами является их способность метаболизировать ароматическую фракцию, тогда как при разложении бактериями разрушается преимущественно парафино-нафтеновые углеводороды [2].

Среди ферментов лигнолитического комплекса с точки зрения использования в биотехнологиях наибольший интерес представляют лакказы, обладающие широкой субстратной специфичностью, термо и pH-стабильностью и высоким уровнем активности в почве в течение всего года [2]. Одним из основных параметров, определяющих способность лакказ окислять различные субстраты, является окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Установлено, что скорость окисления субстратов возрастает при увеличении ОВП лакказ [3]. Поэтому целью работы было оценить способность базидиальных грибов расти на нефтезагрязненном субстрате во взаимосвязи с ОВП выделяемых ими лакказ.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов были выбраны 9 штаммов базидиальных грибов, характеризующихся различным ОВП выделяемых ими лакказ и относящихся к родам *Trametes, Steccherinum, Junghuhnia, Coriolopsis* из коллекции Ботанического института имени Б.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург). Культивирование штаммов осуществляли на агаризованной среде Чапека-Докса в присутствие сырой нефти (Еты-Пуровское месторождение, скважина 1401, горизонт БП4, плотность 861 кг/м^3). К приготовленной стерильной среде приливали сырую нефть из расчета 2 мл нефти на 20 мл питательной среды. Далее колбу помещали в термостат при 75 °С на 5 ч. Затем полученную питательную среду разливали по чашкам Петри. Посев исследуемых штаммов (табл. 1) осуществляли 8 мм блоками, вырезаемыми из предварительно выращенной культуры на агаризованной среде 4% сусла и помещаемыми в центр чашки. Блоки помещали в центр чашки Петри. Дальнейшее культивирование проводили при 24 °С. Оценку динамики развития колоний осуществляли на 7-, 10-, 14- и 21-е сут. Повторность трехкратная.

Результаты и обсуждение. Проведенные эксперименты показали, что исследованные штаммы характеризуются различной способностью к росту на нефтезагрязненном субстрате (табл. 1). Наибольшим размером колонии на 21-е сут культивирования характеризовался штамм *St. murashkinskyi*, при этом максимальный размер колонии для этого штамма наблюдали уже на 14-е сут культивирования. Это указывает на высокую адаптационную способность *St. murashkinskyi* к нефтяному загрязнению. Следует отметить, что скорость роста *St. murashkinskyi* в условиях нефтяного загрязнения превышала таковую для грибов рода *Trametes* – обладающих, по существующим данным, высокой нефтедеструктивной способностью [2]. Полученные результаты указывают на пер-

Таблица 1. Динамика роста исследуемых базидиомицетов на нефтезагрязненном субстрате в модельном эксперименте.

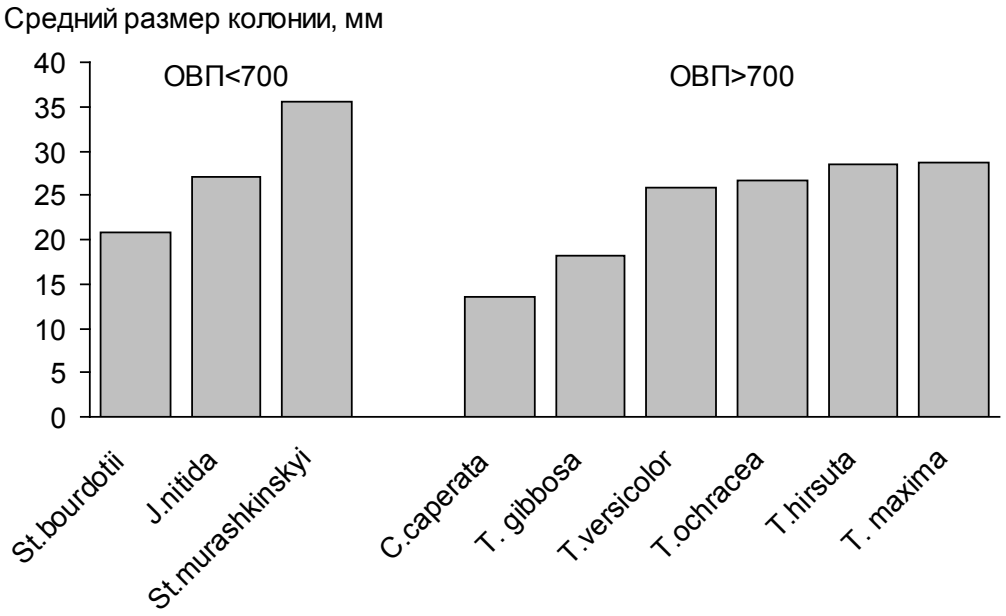
Гриб	ОВП, мВ	Диаметр колонии, мм			
		Сутки культивирования			
		7	10	14	21
Junghuhnia nitida (Pers.) Ryvarden	609	14	24	38	33
Steccherinum bourdotii Saliba & A. David	638	3	16	33	32
Steccherinum murashkinskyi (Burt) Maas Geest.	650	24	35	42	42
Trametes gibbosa (Pers.) Fr.	760	4	11	28	30
Trametes hirsuta Wulf. Ex. Fr	780	11	27	38	38
Tramates versicolor (L.) Lloyd	780	15	27	25	37
Coriolopsis caperata (Berk.) Murrill	780	4	9	18	23
Trametes maxima (Mont.) David & Rajchenb	790	9	30	38	37
Trametes ochracea (Pers.) Gilb. & Ryvarden	790	13	21	36	37

спективность проведения дальнейших исследований, направленных на исследование нефтедеструктивной способности *St. murashkinskyi*.

Минимальная скорость роста была показана для *C. caperata*, обладающего, как видно из табл. 1, высокими значениями ОВП выделяемой лакказы. Это указывает на то, что ОВП может не являться основным показателем, определяющим окисление нефти базидиомицетами.

Для проведения сравнительного анализа между способностью штаммов расти на нефтезагрязненном субстрате и ОВП выделяемых ими лакказ был рассчитан средний диаметр образуемых колоний за время проведения эксперимента, а исследованные штаммы разделены на две группы: с низким (< 700 мВ) и высоким (> 700 мВ) ОВП лакказ (рис. 1).

Как видно из рис. 1., способность исследованных штаммов базидиомицетов расти на нефтезагрязненном субстрате в условиях модельного эксперимента не зависела от ОПВ экстрацеллюлярных лакказ этих грибов. Можно предположить, что в деградации нефти грибами активное участие принимают, главным образом, другие ферменты лигнинмодифицирующей системы, чем лакказа. Однако для подтверждения высказанного предположения требуется проведение дополнительных экспериментов.



Заключение. В работе исследована способность 8 штаммов базидиальных грибов расти на нефтезагрязненном субстрате в условиях модельного эксперимента. Впервые показана высокая адаптивная способность *Steccherinum murashkinskyi* (Burt) Maas Geest. в условиях нефтяного загрязнения, что указывает на перспективность проведения дальнейших исследований, направленных на изучения нефтедеградирующей способности этого гриба. Показано отсутствие взаимосвязи между способностью грибов расти на нефтезагрязненном субстрате и ОВП выделяемых ими лакказ. Высказано предположение о том, что лакказа не играет ведущей роли в окислении нефти исследованными штаммами базидиомицетов.

Список литературы

1. Gianfreda L, Rao MA. Potential of extra cellular enzymes in remediation of polluted soils: a review. Enzyme Microbial Technol. 2004; 35: 339-54.
2. Kulikova NA, Klein OI, Stepanova EV, Koroleva OV. Use of basidiomycetes in industrial waste processing and utilization technologies: fundamental and applied aspects (Review). Appl Biochem Microbiol. 2011; 47(6): 565-79.
3. Xu F, Kulys JJ, Duke K et al. Redox chemistry in laccase-catalyzed oxidation of N-hydroxy compounds. Appl Environ Microbiol. 2000; 66(5): 2052-6.

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА БАЗИДИОМИЦЕТАМИ РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП В ПАРКАХ г. КИРОВА

Попыванов Д.В.[1], Широких А.А.[2]
[1]Вятский государственный гуманитарный университет, Киров
[2]НИИСХ Северо-Востока, Киров

Особенностью биологии базидиальных грибов является накопление различных химических элементов, в том числе и тяжёлых металлов, плодовыми телами в концентрациях значительно более высоких, чем в окружающей среде. Физиологические особенности аккумуляции металлов плодовыми телами базидиомицетов до сих пор не совсем ясны, но, по-видимому, могут иметь очень важное биоиндикационное значение (Иванов и др., 2008). В связи с этим целью работы являлось оценка способности базидиальных грибов к аккумуляции ТМ в условиях городской среды.

Сбор образцов плодовых тел осуществлялся в парковых экосистемах центральной части г. Кирова, испытывающих существенное техногенное загрязнение, как от автотранспорта, так и от промышленных предприятий. Всего было собрано 89 образцов, относящихся к 11 видам, 8 семействам, 3 порядкам. Для обеспечения большей точности результатов отбиралось и анализировалось не менее 2 образцов в трехкратной аналитической повторности.

В почвах городских парков определяли содержание подвижных форм меди (Cu), цинка (Zn), свинца (Pb), а в плодовых телах базидиомицетов определяли валовое содержание этих же элементов на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu-AA-6800.

Экспериментальные данные обрабатывали стандартными методами статистического анализа с использованием пакета программ Excel. Вычислялись следующие значения и параметры: среднее арифметическое, ошибка среднего и стандартное отклонение содержания тяжелых металлов в базидиомицетах.

В результате исследований установлено, что среднее содержание подвижных форм ТМ в почвах городских парков составило: Cu – 0,3; Zn – 7,5; Pb – 13,0 мкг/г.

Изучение содержания тяжелых металлов в плодовых телах базидиомицетов показало, что элементный состав базидиом колеблется в широких пределах, что послужило основанием для выявления характера накопления тяжелых металлов плодовыми телами базидиомицетов различных эколого – трофических и таксономических групп. Оценка достоверности различий в накоплении химических элементов показала, что содержание меди, свинца и цинка в плодовых телах макромицетов – представителей различных эколого – трофических групп – статистически значимы (табл. 1).

Таблица 1. Среднее содержание (мкг.г) некоторых тяжелых металлов в плодовых телах базидиомицетов различных эколого-трофических групп.

Элемент	Величина	Микоризо-образователи (Mr)	Ксилотрофы (Le)	Подстилочные сапротрофы (St)
Медь	M±SE	24,72±4.59	5,98±2,22	22,78±6,85
	SD	15,92	7,68	20,55
	MM	4,58–48,82	н.о–22,00	3,75–54,77
Свинец	M±SE	9,20±1,57	8,39±0,95	9,85±1,25
	SD	5,45	3,30	3,74
	MM	3,24–19,05	3,24–14,53	4,00–17,55
Цинк	M±SE	156,64±7,66	66,97±11,42	125,81±5,49
	SD	26,53	39,54	16,47
	MM	105,57–186,95	14,62–139,47	106,30–153,09

Примечание: M – среднее содержание, SE – ошибка среднего, SD – стандартное отклонение, MM – минимум – максимум, н.о – менее предела количественного обнаружения.

Установлено, что способность к накоплению в плодовых телах меди сильнее выражена у микоризообразователей и подстилочных сапротрофов. В плодовых телах представителей данных групп макромицетов среднее содержание меди более чем в 4 раза превышает таковое у ксилотрофов. Максимальное содержание этого элемента было зафиксировано в плодовых телах *Clitocybe nebularis* (54,77 мкг/г) при среднем содержании меди в базидиомах подстилочных сапротрофов 22,78 мкг/г.

Значимость эколого-трофической принадлежности также сильно прослеживается на примере нако-

Таблица 2. Среднее содержание (мкг/г) некоторых тяжелых металлов в плодовых телах представителей различных порядков

Элемент	Величина	Порядок		
		Agaricales, 6 видов	*Polyporales*, 4 вида	Boletales, 1 вид
Медь	M±SE	25,61±4,36	5,98±2,22	13,58±1,05
	SD	18,48	7,68	1,82
	MM	3,75–54,77	н.о–22,00	11,49–14,81
Свинец	M±SE	9,81±1,18	8,39±0,95	7,51±0,50
	SD	5,01	3,30	0,87
	MM	3,24–19,05	3,24–14,53	7,01–8,51
Цинк	M±SE	138,47±6,04	66,97±11,42	173,19±9,57
	SD	25,61	39,54	16,58
	MM	105,57–184,76	14,62–139,47	154,78–186,95

Примечание: M – среднее содержание, SE – ошибка среднего, SD – стандартное отклонение, MM – минимум – максимум, н.о – менее предела количественного обнаружения.

пления в плодовых телах грибов такого токсичного элемента, как свинец. Установлено, что представители эколого-трофической группы микоризообразователей накапливали максимальное количество свинца. Так, средняя концентрация названного элемента в базидиомах этой эколого-трофической группы составляет 9,20 мкг/г. Максимальное количество свинца, зафиксированное в плодовых телах микоризообразователя *Triholoma terreum*, составило 19,5 мкг/г. Также наблюдается склонность к накоплению свинца у подстилочных сапротрофов, среднее содержание для которых составило 9,85±1,25 мкг/г.

Наиболее выраженной способностью к накоплению цинка обладают также микоризообразователи. Наибольшее содержание зафиксировано у *Scleroderma verrucosum* – 186,95 мкг/г при среднем содержании 156,64 мкг/г. У ксилотрофов среднее содержание цинка составило 66,97 мкг/г, что более чем в 2 раза ниже, чем у микоризообразователей.

Согласно полученным данным, величина накопления отдельных химических элементов базидиомами представителей разных видов, относящихся к разным эколого-трофическим группам макромицетов, может значительно различаться.

Следующим этапом работы была оценка значимости таксономической принадлежности некоторых видов базидиальных макромицетов в плане аккумуляции изученных химических элементов.

В результате исследований выявлены статистически достоверные различия в содержании тяжелых металлов в плодовых телах базидиальных макромицетов, относящихся к разным порядкам (табл. 2).

Так, установлено, что представители порядков Agaricales и Boletales в сравнении с порядком Polyporales накапливали достоверно большее количество меди. Способность к накоплению свинца недостоверно отличалась в ряду Boletales – Polyporales – Agaricales. Важность таксономической принадлежности как фактора, способного оказывать влияние на элементный состав базидиом, хорошо просматривается при сравнении среднего содержания свинца и цинка в плодовых телах представителей порядков Boletales и *Polyporales*. Оказалось, что способность к биосорбции свинца выражена в большей мере для представителей порядка Polyporales. Что, возможно, связано с аэральным загрязнением Pb, переносимого с частичками пыли на тела базидиомицетов (Широких и др., 2012). В то же время статистический анализ содержания тяжелых металлов в плодовых телах базидиальных макромицетов, относящихся к разным порядкам, показал, что различия не достоверны из-за широкого разброса значений концентраций и определяются другими факторами.

В ходе исследования установлена взаимосвязь между эколого-трофической специализацией и элементным составом исследуемых базидиом макромицетов. Так, установлено, что базидиомицеты микоризообразователи накапливают в своих плодовых телах медь и свинец в бóльших концентрациях, чем представители других эколого-трофических групп. Подстилочные сапротрофы проявляют склонность к накоплению цинка и свинца. Способность к накоплению химических элементов плодовыми телами выражена в разной степени во всех эколого-трофических группах и носит специфический характер. Также установлено, что биосорбция некоторых из изученных элементов плодовыми телами макромицетов может определяться таксономической принадлежностью последних.

Таким образом, сильная вариабельность содержания тяжелых металлов и мышьяка в плодовых телах базидиальных макромицетов, развивающихся в сходных экологических условиях, отчасти может быть объяснена эколого-трофическими особенностями и таксономической принадлежностью отдельных видов.

Список литературы

1. Иванов А.И., Костычев А.А., Скобанев А.В., Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка базидиомами макромицетов различных эколого-трофических и таксономических групп. Поволжский экол. журн. 2008; 3: 190-9.
2. Широких А.А., Пушкарева Л.В., Широких И.Г. Poliporus squamosus как биоиндикатор загрязнения среды тяжелыми металлами. Соврем. микол. в России. 2012; 3: 196-7.

ВЫДЕЛЕНИЕ В ЧИСТУЮ КУЛЬТУРУ НОВЫХ ШТАММОВ БАЗИДИОМИЦЕТА *DAEDALEOPSIS TRICOLOR* ИЗ ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Проценко М.А., Костина Н.Е.
ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор», Кольцово

Процесс выделения природного объекта в чистую культуру нацелен как на создание штаммов-продуцентов для нужд биотехнологии, так и на благородную миссию сохранения биоразнообразия природы.

Во многих работах доказана перспективность высших базидиомицетов для разработки новых лекарственных препаратов. Базидиальные грибы способны синтезировать широкий спектр биологически активных веществ, таких как полисахариды, протеины, фенольные соединения, меланины, проявляющих антиоксидантную, противоопухолевую, иммуномодулирующую, противовирусную активность. Для создания грибных препаратов на основе биотехнологии необходимы эффективные штаммы-продуценты биомассы и биологически активных веществ.

В качестве одного из таких источников перспективен дереворазрушающий базидиомицет Дедалеопсис трехцветный *Daedaleopsis tricolor* (Bull.) Bondartsev & Singer 1941. Известно, что биологически активные вещества из плодовых тел гриба проявляют противоопухолевую [1], антиоксидантную и слабую антибактериальную активность [2]. При этом практически отсутствуют данные об исследовании данного гриба в чистой культуре.

Наличие выявленной биологической активности делает данный вид перспективным для отбора новых штаммов в чистую культуру и изучения их в стационарных и динамических условиях культивирования на жидкой среде.

Для выделения *D. tricolor* в чистую культуру были собраны плодовые тела гриба в лесных массивах Новосибирской области близ поселка Кольцово и села Вьюн в период с августа по сентябрь 2013 г., с березы повислой и ивы белой, которые являются субстратами, наиболее специфичными для рода *Daedaleopsis* [3]. Видовую принадлежность плодовых тел *Daedaleopsis tricolor* идентифицировали совместно с сотрудниками лаборатории микологии по определителям [4, 5]

Тканевым методом были выделены три штамма ксилотрофного гриба *Daedaleopsis tricolor*. Для этого кусочки свежесобранного плодового тела помещали на овсяной отвар агаризованный в чашки Петри. Для роста колоний чашки Петри помещали в термостат при температуре 25±2 °С. Через 7–8 сут, после появления молодого мицелия, проводили пересев. Штаммы Db-14 и Db-18 выделяли из плодовых тел, собранных с березы двух разных мест произрастания, а штамм Dr-17 выделен из плодовых тел, собранные с ивы.

Микофильные микромицеты, отличительной особенностью которых является способность использовать в качестве субстрата питания другие грибы, часто присутствуют в культурах многих грибов длительное время в форме мицелия и наносят вред введенным в культуру грибам. Культуры гриба *D. tricolor* очищали от микофильных грибов с помощью серии пересевов с одной чашки с агаризованной средой на другую. При этом для очистки от микофилов культуры гриба на основе штамма Dr-17 потребовалось более 50 пересевов, а для очистки штаммов Db-14 и Db-18 провели 26 пересевов.

Штаммы Db-14 (коллекционный номер F-1315) и Db-18 (коллекционный номер F-1314) депонированы в Коллекции бактерий, бактериофагов и грибов отдела биофизики и экологических исследований ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор», с указанием в паспортах их места выделения, субстрата, систематического положения, биологической активности, культурально-морфологических особенностей. Культуры хранятся в пробирках на скошенном агаре и в стерильной воде дистиллированной.

Культивируемые грибы во многих случаях сохраняют способность к синтезу биологически активных веществ. Однако при этом обычно наблюдаются как количественные, так и качественные изменения в составе комплекса синтезируемых биологически активных веществ. Биотехнологические приемы, такие как оптимизация состава питательной среды, условий культивирования (температура, pH, скорость вращения и т.д.), позволяют воздействовать на биосинтетическую активность, и в конечном итоге получать набор биологически активных веществ в заданном соотношении. Выращивание мицелия гриба *D. tricolor* в стационарных и динамических условиях осуществляли на глюкозопептонной среде состава глюкоза – 30,0 г/л; пептон – 5,0 г/л; дрожжевой экстракт – 2,0 г/л; KH_2PO_4 – 1,0 г/л; $MgSO_4$ – 0,5 г/л, pH среды 6,0 [6,7].

Глубинное культивирование гриба проводили в колбах емкостью 500 мл в 100 мл глюкозопептонной

среды на круговых качалках при скорости вращения 190 об/мин, при температуре 26±2 °С, инкубируя в течение 5 сут (штамм Db-14) или 7 сут (штаммы Db-18 и Dr-17), используя в качестве посевного материала 2-х (штамм Db-14) или 3-х (штаммы Db-18 и Dr-17) суточный инокулят глубинной культуры, выращенный на той же среде, в количестве 20% по объёму. Засев на жидкую питательную среду для наработки посевного жидкофазного мицелия (инокулята) проводили кусочками диаметром 5 мм мицелия, выращенного на овсяном отваре агаризованном, на 6–7-е сут роста.

В глубинной культуре мицелий, полученный на основе штаммов Db-14, Db-18 и Dr-17, образовывал преимущественно пеллеты диаметром 0,4–1,0 см песочного цвета. Культуральная жидкость при этом имела темно-оранжевую или коричневую окраску, предположительно обусловленную содержанием в ней пигментов, в том числе и меланинов.

Культивирование в стационарных условиях проводили во флаконах емкостью 500 мл в 100 мл глюкозо-пептонной среды (по 5 колб для каждого штамма). Флаконы с глюкозо-пептонной средой засевали культурой (6–7 сут роста), полученной на среде меласса-кукурузный экстракт-агар, помещали в горизонтальное положение. При комнатной температуре в темном месте культивировали в течение 27 сут. По окончании 27 сут флаконы переносили в помещение с рассеянным светом, где оставляли еще на 6 суток для стимулирования выработки пигментов, в том числе полифенольных соединений. Общее время культивирования составило 33 сут.

Содержание сухой биомассы мицелия гриба, выращенного глубинным способом в течение 7 сут, составляло от 5,1 до 7,4 г/л, в то время как для получения от 5,6 до 7,7 г/л сухой биомассы мицелия методом поверхностного культивирования потребовалось 33 сут. То есть, для наработки биомассы в стационарных условиях затрачено в 4 раза больше времени, чем при культивировании в динамических условиях, при практически одинаковом выходе сухой биомассы мицелия. Из этого следует, что глубинный способ выращивания базидиомицета *D. tricolor* в контролируемых условиях является более перспективным для разработки технологии культивирования изучаемого гриба в промышленных условиях.

Таким образом, в чистую культуру введено три штамма гриба *D. tricolor* из природных местообитаний Новосибирской области. Штаммы Db-14 и Db-18 депонированы в коллекции ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор». На основе выделенных штаммов Db-14, Db-18 и Dr-17 методами глубинного и поверхностного культивирования на глюкозо-пептонной среде получена биомасса мицелия гриба *D. tricolor*.

Список литературы

1. Nianwu HE. In vitro activity study of the wild Daedaleopsis tricolor polysaccharide. Ed. Dept J Shangluo Univ. 2012; 1(6): 55-9.
2. Kim EM, Jung H-R, Min T-J. Purification, structure determination and biological activities of 20(29)-lupen-3-one from Daedaleopsis tricolor (Bull. ex Fr.) Bond. et Sing. Structure, Biological Activitie Substance in D. tricolor. Bull Korean Chem Soc. 2001; 22(1): 59-62
3. Красуцкий Б.В. Первые данные о ксилотрофных базидиальных грибах (Fungi, Basidiomycetes) Челябинского городского бора. Вестн. Ишимск. гос. пед. инст. им. П.П. Ершова. 2013; 6(12): 39-45.
4. Арефьев С.П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов. Новосибирск: Наука, 2010: 260 с.
5. Бондарцев А.С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1953: 1106 с.
6. Zhao J-Y, Feng T, Li Z-H, Dong Z-Jet all. Sesquiterpenoids and an ergosterol from cultures of the fungus Daedaleopsis tricolor. Nat Prod Bioprospect. 2013; 3: 271-6.
7. Косогова Т.А. Штаммы базидиальных грибов юга Западной Сибири – перспективные продуценты биологически активных препаратов: Автореф. дисс. … канд. биол. наук, 03.01.06. Кольцово. 2013: 26 с.

АССИМИЛЯЦИЯ ИСТОЧНИКОВ АЗОТА КОЛЛЕКЦИОННЫМИ ШТАММАМИ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВЫ ЮЖНОГО ЧЕРНОЗЕМА

Рукавицина И.В., Чуркина Г.Н.

ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», п. Научный, Казахстан

Для изучения ассимиляции источников азота, использовали грибы, выделенные из почв южных карбонатных черноземов Северного Казахстана. В чистую культуру грибы выделяли по общепринятым методикам [1], при этом применяли агаризованные питательные среды Чапека-Докса, Сабуро и картофельно-глюкозный агар.

Видовую принадлежность культур грибов устанавливали по морфолого-культуральным признакам, а также методом определения прямой нуклеотидной последовательности ITS региона (межгенного транскрибируемого региона), с последующим определением нуклеотидной идентичности с последовательностями, депонированными в международной базе данных GeneBank.

В результате проведенных исследований были идентифицированы грибы *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, Bull. Soc. Bot. France (штамм F1-2013), *Fu-*

sarium acuminatum Ellis & Verh. (штамм F2-2013), *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. (штамм F3-2013), *Phoma tracheiphila* (штамм F4-2013), которые составляют коллекцию лаборатории микробиологии.

Чистые культуры грибов *B. bassiana, F. acuminatum, F. equiseti, P. tracheiphila* высевали на агаризованную среду Чапека-Докса, в которой последовательно проводили замену азотнокислого натрия на эквимолярное количество других азотсодержащих соединений (мочевина, натрий азотнокислый, калий азотнокислый, сульфат аммония, аммоний молибденовокислый, аммоний щавелевокислый [2]. Грибы культивировали при температуре 22–25°С, затем проводили учет роста и развития на источниках азотного питания. По величине диаметра колоний судили об активности использования того или иного источника азота, при этом учитывалась макро- и микроморфология культур грибов.

В результате проведенных исследований, было установлено, что источники азотного питания оказывают влияние на динамику роста грибов. Так, гриб *B. bassiana* (F1-2013) активно рос и развивался на питательной среде, содержащей аммоний щавелевокислый, диаметр колонии достигал 64 мм, а на среде с азотнокислым натрием – 44 мм. Интенсивность роста колоний грибов на остальных источниках азота варьировала от 23 до 33 мм. Менее доступной оказалась среда, содержащая мочевину. Изучаемые источники азота оказывали влияние на окраску воздушного и субстратного мицелия, которая изменялась от кремово-желтого на среде с азотнокислым натрием до кирпичного на среде, содержащей мочевину. При этом аммоний щавелевокислый способствовал формированию несептированного аспорогенного мицелия. При добавлении в питательную среду натрия и калия азотнокислого, сульфата аммония на 14 сут происходило формирование типичных одноклеточных конидий округлой формы.

Гриб *F. acuminatum* активно ассимилировал аммоний щавелевокислый, диаметр колонии достигал 91 мм, на среде с азотнокислым натрием 71 мм. Труднодоступным оказался сульфат аммония, на среде с этим источником азота колония достигала 18 мм. Исследуемые источники азота способствовали формированию серовато-розового воздушного мицелия, бархатистой фактуры. Реверс колонии изменялся в зависимости от источника азотного питания от светло-коричневого до темно коричневого цвета. При культивировании гриба на питательной среде Чапека-Докса с различными источниками азота происходило формирование аспорогенного утолщенного септированного мицелия. Формирование хламидоспор наблюдалось на среде с аммонием щавелевокислым и азотнокислым калием.

Гриб *F. equiseti* (штамм F3-2013) активно ассимилировал все исследуемые источники азота, о чем свидетельствует диаметр колонии, который варьировал от 46 мм на среде с сульфатом аммония, до 90 мм на среде с калием и натрием азотнокислым. В зависимости от источника азота на питательной среде *F. equiseti* формировал колонии с шерстистой и ватообразной фактурой грязно-белого цвета. Реверс колонии изменялся от кремового (на среде с сульфатом аммония), до красно-коричневого цвета на среде с аммонием щавелевокислым. Край колонии отмечался ровный, либо волнистый. На 14-е сут культивирования на средах, содержащих мочевину и аммоний щавелевокислый, в гифах гриба формировались вакуолизированные клетки. Рост вегетативного мицелия в виде тяжей наблюдался на среде с аммонием щавелевокислым. При внесении в среду азотнокислого натрия происходило формирование конидий.

Штамм *P. tracheiphila* F4-2013 на источниках азота формировал небольшие по диаметру колонии. На среде с аммонием щавелевокислым, натрием азотнокислым диаметр колонии не превышал 35 мм. При внесении мочевины происходило угнетение роста гриба, диаметр колонии на этом источнике достигал 16 мм. На питательной среде с изучаемыми источниками азота гриб формировал бархатистые колонии серовато-розового цвета. Реверс колонии имел серовато-коричневый цвет. В гифах мицелия происходило формирование хламидоспор, конидиеобразование не отмечалось.

В результате проведенных исследований по изучению ассимиляции источников азотного питания было установлено, что они оказывают влияние на рост и развитие микроскопических грибов. Гриб *B. bassiana* активно ассимилировал аммоний щавелевокислый, менее доступными для роста и развития этого гриба оказались среды с сульфатом аммония и мочевиной. Гриб *F. acuminatum* интенсивно рос на среде с аммонием щавелевокислым, ингибирование роста колонии происходило на среде с сульфатом аммония. У гриба *F. equiseti* также отмечалось задержка роста при внесении сульфата аммония, а среды, содержащие азотнокислый калий и мочевину способствовали интенсивному росту колонии. Внесение в среду мочевины, способствовало угнетению роста колонии гриба *P. tracheiphila*, аммоний щавелевокислый стимулировал рост. Ассимилирование аммония молибденовокислого вышеперечисленными грибами оказалось труднодоступным. На этом источнике азота рост колоний практически отсутствовал.

Список литературы

1. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Под ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка, 1982: 552 с.
2. Лилли В., Барнет Г. Физиология грибов. М. 1953: 501 с.

ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИЕ ГРИБЫ РОСТОВА-НА-ДОНУ

Русанов В.А.[1], Булгаков Т.С.[2], Гребенникова Д.В.[1]
[1]Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону,
[2]ООО «Вега», Шахты

Обладая мощным ферментативным комплексом, который способен разлагать сложные высокомолекулярные соединения, такие как клетчатка и лигнин, lереворазрушающие грибы играют чрезвычайно важную роль в процессах биологического разложения древесины (Мухин, 2007). Данные о встречаемости грибов в городах позволяют не только оценить устойчивость древесных растений к грибным инфекциям, но и понять закономерности распространения грибов на урбанизированных территориях, особенности выбора заселяемых ими субстратов и механизмы приспособления грибов к городским условиям (Сафонов, 2011).

Результаты многолетних региональных микологических исследований частично были опубликованы нами ранее (Булгаков, Русанов, 2005; Русанов, Булгаков, 2005; Русанов, Ребриев, Булгаков, 2008; Булгаков, 2008; Русанов, Булгаков, 2008); список всех грибов, отмеченных для юга Европейской России и Ростовской области, был дан в монографии «Микобиота аридных территорий юго-запада России» (Ребриев и др., 2012). При этом исследования микобиоты г. Ростова-на-Дону ограничивались преимущественно фитопатогенными микромицетами (Русанов, Булгаков, 2012).

В ходе синантропизации происходит естественный отбор антропотолерантных (синантропных) видов грибов – тяготеющих в своём расселении к антропогенно нарушенным территориям. В условиях степной зоны европейской части России, в особенности Восточного Приазовья, где естественная древесная растительность представлена исключительно прирусловыми зарослями в пойме Дона и редкими байрачными зарослями по балкам (Приваленко, Безуглова, 2003), присутствие древесных растений почти полностью обусловлено деятельностью человека, микобиота дереворазрушающих базидиомицетов во многом характеризуется выраженной синантропизированностью и антропотолерантностью (Булгаков, 2008).

В результате обработки гербарных и оригинальных данных на территории г. Ростова-на-Дону было выявлено 43 вида дереворазрушающих грибов из 34 родов, 22 семейств и 10 порядков, относящихся к 4 классам из 2-х отделов (табл. 1).

В биоте дереворазрушающих грибов г. Ростова-на-Дону подавляющее число видов относится к отделу Basidiomycota (41вид из 43, 95%) и всего лишь два вида относятся к отделу Ascomycota. При относительно невысоком видовом разнообразии растений-хозяев представителей класса Basidiomycetes отмечено значительное расширение круга поражаемых растений для отдельных видов этой группы (Polyporus squamosus (Huds.) Fr., *Laetiporus sulphureus* (Bull.): Fr., *Phellinus igniarius* (L.: Fr.) Quel., *Fomes fomentarius*.

Таблица 1. Таксономическая структура дереворазрушающих грибов г. Ростова-на-Дону.

Отделы	Классы	Порядки	Число		
			Семейств	Родов	Виды (% от всех)
Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	1	1	1 (2.33)
		Xylariales	1	1	1 (2.33)
Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	10	13	16 (37,2)
		Auriculariales	1	2	3 (6.97)
		Corticiales	1	1	1 (2.32)
		Hymenochaetales	1	2	2 (4.65)
		Russulales	1	1	1 (2.33)
		Polyporales	4	11	16 (37.2)
	Dacrymycetes	Dacrymycetales	1	1	1 (2.33)
	Tremellomycetes	Tremellales	1	1	1 (2.33)
Всего: 2	4	10	22	34	43 (100,0)

Всего на территории Ростовской области в настоящее время зарегистрировано 822 вида древесных растений (включая культивируемые в садах и парках), принадлежащих к 160 родам, 51 семейству, 2 классам и 2 отделам. Состав древесных растений-хозяев фитопатогенных грибов представлен 355 видами из 87 родов, 38 семейств, 2 классов и 2 отделов. В результате изучения микобиоты г. Ростова-на-Дону было установлено, что дереворазрушающими грибами поражены 32 вида древесных растений, относящихся к 20 родам из 14 семейств.

Результаты таксономического анализа растений-хозяев дереворазрушающих грибов г. Ростова-на-Дону представлены в табл. 2.

Таблица 2. Таксономическая структура растений-хозяев дереворазрушающих грибов г. Ростова-на-Дону

Семейство	**Число**		% от всех видов
	родов	**видов**	
1. Aceraceae	1	4	12,5
2. Betulaceae	2	2	6,3
3. Bignoniaceae	1	1	3,2
4. Fabaceae	2	2	6,3
5. Fagaceae	1	2	6,3
6. Hippocastanaceae	1	1	3,2
7. Moraceae	1	1	3,2
8. Oleaceae	2	2	6,3
9. Pinaceae	1	1	3,2
10. Rosaceae	3	5	15,6
11. Salicaceae	2	5	15,6
12. Tiliaceae	1	1	3,2
13. Ulmaceae	1	4	12,5
14. Juglandaceae	1	1	3,2
Всего: 14	20	32	100

Наиболее часто поражаются дереворазрушающими грибами виды в семействах Rosaceae и Salicaceae (по 5 видов – 15,6% от общего числа), Aceraceae и Ulmaceae (по 4 вида, 12.5%), Betulaceae, Fabaceae, Fagaceae, Oleaceae (по 2 вида, 6,3%), остальные семейства представлены всего одним видом. Наиболее часто в условиях г. Ростова-на-Дону дереворазрушающими грибами поражаются виды деревьев: *Quercus robur, Betula verrucosa, Fraxinus excelsior, Acer negundo, Robinia pseudoacacia, Tilia cordata, Populus alba, Ulmus glabra*.

По результатам исследования в условиях Ростова-на-Дону можно выделить следующие основные особенности биоты дереворазрушающих грибов видового разнообразия фитотрофных грибов по сравнению региональной микобиотой в целом и микобиотой естественных лесов в особенности:

1) обеднение видового состава (за счёт элиминации стенобионтных антропофобных видов) и при одновременном представленности основных таксономических на уровне родов и семейств; малый объём субстратов и их раздробленность, постоянное удаление, повреждение и низкая влажность, значительные амплитуды суточных и среднегодовых температур (по сравнению естественными экосистемами региона), как и значительная химическая загрязнённость среды, обуславливают низкую численность и спорадическое, фрагментарное распространение в городских условиях большинства видов грибов, неполноту и нестабильность формирующихся сообществ.

2) «унификация» – преобладание в видовом составе эвритопных видов с очень широкими ареалами и почти полное отсутствие узкоспециализированных и эндемичных видов, приуроченных к определенным растительным сообществам, в первую очередь лесным [Мухин, 2000]; причины такого положения те же, что и рассмотренные выше; малый объем субстратов, неблагоприятный климат, нестабильность среды способствуют сохранению исключительно широко распространенных видов с очень широкой экологической нишей и высокой численностью.

3) «биотрофизация» – очень высокая доля биотрофов по сравнению с сапротрофными дереворазрушающими грибами, что обусловлено как климатическими особенностями (сухой климат), так и особенностями мегаполиса, где накопление мертвой древесины как субстрата происходит исключительно в условиях крупных ландшафтных парков. Те же фрагментированность древесной растительности и экстремальная сухость субстратов значительно замедляют естественный процесс биологической конверсии древесины сапротрофными грибами, давая преимущество возбудителям гнилей, которые не столь зависимы от влажности субстрата (Мухин, 2000).

4) «эфемеризация» – преобладание видов с однолетними плодовыми телами и чаще всего тримитическим типом гифальной системы (Змитрович, 1997). Наиболее часто встречающиеся виды имеют именно такие плодовые тела: *Auricularia mesentherica* (Dicks.) Pers.), *Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst., *Ganoderma lipsiense* (Batsh.) G. F. Atk., *Laeticorticium roseum* (Pers.) Donk, *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Oxyporus populinus* (Schumach.) Donk, *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr., *Schizophyllum commune* Fr., Trametes versicolor (L.) Lloyd.) и т.д.

Список литературы

1. Мухин В.А., Котиранта Х., Ушакова Н.В., Ширяев А.Г., Фролов И.В. Грибы Среднего Урала. Справочник-определитель. Екатеринбург: Изд-во «Сократ». 2007: 200 с.

2. Сафонов М.А. Предварительные итоги изучения кортициоидных грибов Южного Приуралья. Акт. пробл. изучения биоты Южного Урала и сопредельных территорий. Орск: Изд-во ОГТИ. 2010: 20.
3. Булгаков Т.С., Русанов В.А. Патогенная микобиота древесных растений Ростовской области. Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Тр. междунар. конф., посв. 100–летию начала работы проф. А.С. Бондарцева в БИН им. В.Л. Комарова РАН (С.-Петербург, 24–28 апреля 2005 г.). Т. 1. СПб., 2005: 77-81.
4. Русанов В.А., Булгаков Т.С. Фитопатогенная микобиота древесных насаждений городов Ростовской области. Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Мат. 6-й Междунар. конф. Москва–Петрозаводск. 2005: 260-4.
5. Русанов В.А., Ребриев Ю.А., Булгаков Т.С. Инвентаризация микобиоты Нижнего Дона: итоги и перспективы. Совр. микол. в России. Т. 2. Мат. 2-го Съезда микологов России. М.: Нац. акад. микол, 2008: 86.
6. Булгаков Т.С. Отличительные черты фитотрофной микобиоты городов (на примере Ростова-на-Дону). Молодежь XXI века – будущее российской науки. 2008. Сб. мат. докл. 1-й Всеросс. конф. студентов, асп. молодых учёных (Ростов-на-Дону, 12–15 мая 2008 г.). Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2008: 56-7.
7. Русанов В.А., Булгаков Т.С. Высшие базидиомицеты – патогены растений в Ростовской области. Высшие базидиальные грибы организмы, популяции, сообщества. Мат. конф., посв. 100-летию со дня рожд. М.В. Горленко. М.: Восток–Запад. 2008: 195.
8. Ребриев Ю.А., Русанов В.А., Булгаков Т.С., Светашева Т.Ю., Змитрович И.В., Попов Е.С. Микобиота аридных территорий юго-запада России. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2012: 88 с.
9. Русанов В.А., Булгаков Т.С. Эризифальные грибы города Ростова-на-Дону и окрестностей. Совр. микол. в России. Том 3. Мат. 3-го Съезда микологов России. Москва, 10-12 окт. 2012 г. М.: Нац. акад. микол. 2012: 124-5.
10. Приваленко В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Т.1. Экология города Ростова-на-Дону. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ. 2003: 290 с.
11. Мухин В.А., Вёселкин Д.В., Брындина Е.В., Храмова О.А., Ушакова Н.В. Основные закономерности современного этапа эволюции микобиоты лесных экосистем. Грибные сообщества лесных экосистем. М. – Петрозаводск, 2000: 26-41.
12. Змитрович И.В. Распространение афиллофоровых грибов по территории Санкт-Петербурга. Микол. и фитопатол. 1997; 31(1): 19-27.

РЕДКИЕ ВИДЫ ДРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Сафонова Т.И.
Оренбургский государственный педагогический университет

Специфика мер по охране биологического разнообразия тесно связана с условиями среды, в первую очередь с лесными растительными сообществами, практически не возможно без сохранения самих местообитаний. При этом должны сохраняться не только отдельные редкие виды грибов, но и грибные сообщества – микоценозы, в которых они существуют, поскольку во многом именно устойчивость микоценозов обеспечивает устойчивое существование лесных фитоценозов (Стороженко, 2000).

Это ставит перед исследователями и специалистами по охране природы новую задачу – сохранения не только уникальных видов, интерес к которым обусловлен внешней привлекательностью или экономической значимостью, но и ключевых видов, определяющих «лицо» сообщества, а также их типичные и уникальные комплексы.

При всей важности работ по инвентаризации видового состава биоты грибов-макромицетов, нельзя отрицать тот факт, что охрана какого-либо отдельного вида гриба практически невозможна, и решить эту проблему можно лишь через охрану среды обитания популяций грибов. Такая охрана может быть реализована в системе охраняемых природных территорий разных уровней – памятников природы, заказников, заповедников, национальных парков. Именно наиболее ценные лесные массивы, в первую очередь лесные памятники природы, должны стать в перспективе резерватами региональной микобиоты.

В Оренбургской области изучение грибов-макромицетов началось сравнительно недавно, с 1993 г. К настоящему времени выявлено около 400 видов грибов, среди которых более 300 видов – древоразрушающие грибы (Сафонов и др., 2014). Значительный объем собранного материала позволил выделить редкие виды грибов региона (Сафонов, 2003; Сафонов, Сафонова, 2010) и включить их в новое издание Красной книги Оренбургской области. Наряду с приданием официального статуса редкости отдельным видам, для сохранения биоразнообразия микобиоты необходима инвентаризация видового состава грибов в существующих природных резерватах и расширение их сети зап счет включения в список ООПТ местообитаний редких видов грибов.

В 2003–2014 гг. нами были проведены исследования биоты древоразрушающих грибов наиболее крупных и интересных особо охраняемых природных территорий Оренбургской области.

Государственный природный заповедник «Оренбургский». Исходя из специфики заповедника, созданного с целью сохранения характерных для степей Южного Приуралья редких и исчезающих видов растений и животных и их сообществ в пределах Оренбургской области, площади, занятые лесной растительностью на территории заповедника очень малы и преимущественно представлены березовыми и осиновыми колками, а также пойменной растительностью, в которой доминирует ольха черная. В результате работ на участках заповедника нами был выявлен один редкий вид – *Polyporus brumalis* (Pers.: Fr.) Fr., обнаруженный на валеже ольхи в черноольшанике Тузкарагал (участок «Буртинская степь»).

Ольгинская лесная дача. Расположена в 5 км к юго-востоку от с. Путятино (Шарлыкский р-н). Представляет собой компактный лесной массив, древостой которого сложен дубом, березой, кленом, вязом, липой, а также посадками сосны (кв. 71, 77, 78, 80, 82 Шарлыкского лесничества Шарлыкского лесхоза). Ландшафтный памятник природы. На валеже березы здесь был отмечен *Polyporus tuberaster* (Pers.) Fr.

Сагарчинская лесная дача. Лесной массив в окрестностях с. Сагарчин Акбулакского района. Ландшафтно-ботанический памятник природы. Акбулакский лесхоз, кв. 1. На валеже ивы обнаружен Trametes suaveolens (Fr.) Fr.

Болотовский бор. Кваркенский район. Сосновый бор на неогеновых отложениях с березой. Бонитет III. Кваркенский лесхоз, Болотовское лесничество, кв. 44-46, 50, 51, 53, 54. Ландшафтно-ботанический памятник природы. В пределах бора отмечены следующие редкие виды грибов на древесине сосны: *Dichomitus squalens* (P.Karst.) D.A.Reid, *Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Ryvarden, *Postia leucomallella* (Murrill) Julich, *Postia sericeomollis* (Romell) Jülich

Старо-Белогорские меловые холмы и дубрава Корш-Урман. Новосергеевский р-н, окрестности с. Старая Белогорка. Новосергеевский лесхоз, Новосергиевском лесничество, кв. 20 (выд. 1-4). Геологический и ботанический памятник природы. Отмечены Lenzites warnieri Dur. & Mont., Trametes ljubarskyi Pilat (Маленкова, 2013).

Ванюшин сад. Переволоцкий район. Лесокультурный памятник природы. Отмечены Sacrodontia crocea (Schwein.: Fr.)Kotl., Spongipellis spumeus (Sowerby: Fr.) Pat. (Маленкова, 2014).

Национальный парк «Бузулукский бор». Один из наиболее крупных и своеобразных хвойных лесных массивов, находящихся в пределах степной зоны Южного Приуралья.

Исследования позволили выявить в Бузулукском бору 76 видов дереворазрушающих грибов, 26,3 % которых являются специфичными, т.е. они не встречаются в древостоях других лесах области (Сафонов, 2002). К ним, в частности, относятся виды *Antrodia xantha* (Fr.:Fr.) Ryvarden, *Dichomitus squalens, Diplomitoporus flavescens, Phaeolus Schweinitzii* (Fr.) Pat., *Porodaedalea pini* (Brot.:Fr.) Murrill, виды рода Postia, специализированные на деструкции древесины хвойных деревьев.

В биоте ксилотрофных грибов бора присутствуют реликтовые виды, такие как *Piptoporus pseudobetulinus* (Murash. ex Pilat) Pilat, *Spongipellis spumeus, Steccherinum murashkinskyi* (Burt) Maas G., *Trametes ljubarskyi*, а также ряд видов, редких по другим причинам (Hericium coralloides (Scop.:Fr.) Pers., Lenzites warnieri, Piptoporus quercinus (Schrad. Ex Fr.)Pil., *Polyporus tuberaster, Trametes suaveolens*).

Таким образом, Бузулукский бор можно считать наиболее ценным резерватом редких, исчезающих и угрожаемых видов грибов области, что является дополнительным серьезными аргументом в пользу создания заповедника на территории этого лесного массива.

Помимо функционирующих в настоящее время особо охраняемых природных территорий, в пределах которых следует проводить мероприятия по изучению и сохранению биоразнообразия грибов, необходимо рассмотреть вопрос о создании ряда специализированных микологических заказников вне пределов существующих памятников природы (Сафонов, Каменева, 2013).

1. Бугурусланский микологический заказник. Бугурусланский район, пойма р. Малый Кинель, Шурыгинский лес, окрестности с. Лукинка. Ряд лесных массивов, в которых представлены дубняки, кленовники, вязовники, липняки, березняки и осинники, типичные для лесостепной северо-западной части области. Леса характеризуются относительно низким уровнем антропогенной деградации. Биота ксилотрофных грибов достаточно богата и включает в себя 92 вида базидиальных грибов. В указанных лесах отмечены следующие редкие виды: *Antrodia macra* (Sommerf.) Niemela, *Lenzites warnieri, Postia sericeomollis, Spongipellis spumeus, Sarcodontia crocea*.

2. Кураганский микологический заказник. Пойма р. Кураган (приток р. Блява) в 3 км к северо-востоку от с. Блявтомак (Кувандыкский район). Нагорные дубравы, березняки, осинники и пойменная растительность, представленная черноольшаниками. Отмечены редкие виды *Climacodon septentrionalis* (Fr.) P.Karst., *Polyporus brumalis*.

3. Спасский микологический заказник. Пойменная растительность р. Большой Ик в окрестностях с.Спасское (Саракташский район), представленная вязовниками, тополевниками, осинниками, дубравами. Здесь отмечены: Hericium coralloides, Lenzites warnieri, Trametes suaveolens.

4. Тюльганский микологический заказник. Окрестности с. Ташла Тюльганского района. Широколиственные и мелколиственные низкогорные леса на г. Лушная и г. Яман-Тау (кв. 308, 252-254, 264-266, 277 Ташлинского лесничества Тюльганского лесхоза). Леса с разной степенью антропогенной нагрузки. Альфа-разнообразие микобиоты достигает 132 видов. Место обнаружения следующих редких видов: *Exidia truncata* Fr., *Hericium coralloides*, *Sarcodontia crocea*, *Spongipellis spumeus, Tyromyces fissilis* (Berk. & M.A.Curtis) Donk., *T. kmetii* (Bres.) Bond. & Sing., *Volvariella bombycina* (Schaeff.: Fr.) Sing. (Маленкова, 2014).

5. Уральский микологический заказник. Пойменный лес реки Урал у г. Оренбурга. Растительность представлена дубняками, тополевниками, вязовниками. Место обнаружения *Lenzites warnieri, Trametes suaveolens*.

В существующих и планируемых особо охраняемых природных территориях необходимо провести полную инвентаризацию биоты макромицетов и оценить тенденции изменения численности популяций редких видов. На основе развернутой системы мониторинга микобиоты появится возможность разработать адаптированные к условиям региона методы охраны отдельных видов грибов, а также изучить условия обеспечения успешного функционирования грибного компонента лесных экосистем региона.

Список литературы

1. Стороженко В.Г. Стратегии и функции грибных сообществ лесных экосистем. Грибные сообщества лесных экосистем. М.–Петрозаводск. Карельский НЦ РАН, 2000: 37-41.
2. Сафонов М.А., Маленкова А.С., Богомолова О.И., Русаков А.В. Биоразнообразие древоразрушающих грибов степных районов Оренбургского Предуралья. Фундаментальные исслед. 2014; 9 (8): 1750-5.
3. Сафонов М.А. Редкие виды грибов Оренбургской области: проблемы выявления, изучения и охраны. Оренбург: Изд-во ОГПУ. 2003: 100 с.
4. Сафонов М.А., Сафонова Т.И. Теоретические и практические аспекты сохранения биоразнообразия микобиоты Южного Приуралья.Вестник ОГУ. 2010; (112): 29-33.
5. Маленкова А.С. Дереворазрушающие базидиальные грибы лесных насаждений Новосергиевского района (Оренбургская область). Вестн. Оренбургского гос. пед. унив. (Online). http:.www.vestospu.ru. 2013; 3(7): 36-9.
6. Маленкова А.С. Дереворазрушающие базидиальные грибы памятника природы «Ванюшин сад» (Переволоцкий район, Оренбургская область). Вест. Оренбургского гос. пед. унив. (Online). http:.www.vestospu.ru. 2014; 3(11): 15-8.
7. Сафонов М.А. Дереворазрушающие грибы Бузулукского Бора (Оренбургская область). Микол. фитопатол. 20024; 36: 23-35.
8. Сафонов М.А., Каменева И.Н. Концептуальная модель микологического заказника как формы сохранения разнообразия микобиоты. Вестн. Оренбургского гос. пед. унив. (Online). http:.www.vestospu.ru. 2013; 1(5): 40-5.
9. Маленкова А.С. Представленность видов рода Tyromyces в микобиоте Южного Приуралья. Вестник Оренбургского государственного педагогическогоуниверситета. Электронный научный журнал (Online). http:.www.vestospu.ru. 2014; 1(9): 26-30.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЛОДОВЫХ ТЕЛАХ РЯДА ДРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Сафонов М. А., Укубаева Д. Г., Остапенко А.В.
Оренбургский государственный педагогический университет

Мы провели исследования содержания ряда тяжелых металлов в плодовых телах древоразрушающих базидиомицетов в Оренбургской области (Южное Предуралье), в качестве одного из компонентов общего изучения закономерностей транслокации тяжелых металлов в лесных экосистемах.

Сбор образцов осуществлялся в лесах разного породного состава в окрестностях с. Ташла Тюльганского района Оренбургской области. Отсутствие в непосредственной близости промышленных предприятий и крупных автотрасс позволило считать уровень техногенной нагрузки на эти леса минимальным. Плодовые тела грибов были собраны с древесины березы, сосны и ольхи.

Объекты исследования: трутовик настоящий - *Fomes fomentarius* (L.) Fr., вид-космополит, широко распространенный в лесах Южного Приуралья и отмеченный на всех родах лиственных древесных растений в регионе (Сафонов, 1999; Safonov, 2006), а также трутовик окаймленный – *Fomitopsis pinicola* (Sw.) *P. karst*, отмеченный как на лиственных породах, так и на сосне. Выбор этих видов в качестве объектов исследований определяется рядом аргументов: их экологическая пластичность, обуславливающая широкое распространение в регионе и в мире; наличие крупных многолетних плодовых тел, повышающих их учетный потенциал (Сафонов, 2003).

Оба вида относятся к трофической группе ксилотрофных (древоразрушающих) базидиальных грибов, производящих деструкцию стойких лигниноцеллюлозных соединений за счет наличия комплекса специфических ферментов. По мнению ряда микологов, именно в плодовых телах ксилотрофных грибов накапливаются максимальные концентрации тяжелых металлов (Чураков и др., 2000, 2004), поступающих как в результате освоения ими массы древесины, содержащей тяжелые металлы, так и в результате сорбции их плодовыми телами из окружающей среды.

Было проанализировано содержание тяжелых металлов в 50 образцах плодовых тел, в том числе в 21 базидиоме трутовка настоящего и 29 базидиомах трутовика окаймленного.

В качестве параметров исследований было выбрано содержание в образцах ряда тяжелых металлов:

меди, железа, марганца и цинка. Выбор этих элементов обусловлен их достаточно широким распространением в региональных экосистемах и их важной ролью в функционировании грибов, как компонентов белков и ферментов (Беккер, 1963; Диксон, Уэбб, 1982).

Анализ образцов плодовых тел грибов проводился при помощи атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2А» согласно методическим указаниям (РД 52.18.289-90. Методика…, 1990). Исследования проводились в аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области». В дальнейшем проводился статистический и математический анализ данных с использованием электронных таблиц MS Excel.

Попутно с определением содержания тяжелых металлов в плодовых телах грибов, проводился и анализ содержания этих металлов в древесине, на которой они развивались. Максимальное суммарное количество учитываемых нами тяжелых металлов было отмечено в древесине березы (в среднем – 150,9 мг/кг); за ней следует древесина сосны и замыкает этот ряд древесина ольхи, содержание в которой исследуемых элементов более чем в два раза меньше, чем в древесине березы. В древесине березы существенно преобладает содержание марганца, его количество также велико в древесине сосны; в древесине сосны и ольхи доминирует железо; по содержанию цинка также выделяется древесина березы. Сравнительно мало изменяется по родам деревьев концентрация меди (Сафонов и др., 2013).

Сравниваемые виды грибов также отличаются по показателям накопления тяжелых металлов (Химич, Исаева, 2011). Проведенными исследованиями установлено отличие между трутовиком настоящим и трутовком окаймленым как по общему содержанию тяжелых металлов в плодовых телах, так и по концентрациям отдельных элементов (рис. 1). Для обоих видов характерно высокое содержание в базидиомах цинка. Это может быть объяснено с учетом использования цинка грибами для постороения белков; важное значение этого элемента для формирования биомассы грибов доказано экспериментально (Иванова и др., 2011).

В отношении меди отмечено заметно более высокое накопление в базидиомах *Fomitopsis pinicola*; содержание железа и марганца было выше в плодовых телах *Fomes fomentarius*. Вполне вероятно, что указанные видовые отличия в аккумуляции тяжелых металлов могут быть обусловлены разным содержанием этих элементов в субстрате – древесине, откуда они и поступают в тех или иных количествах в плодовые тела грибов.

Значительный интерес представляет вопрос о том, влияет ли на содержание тяжелых металлов в плодовых телах грибов (в отсутствие других явных источ-

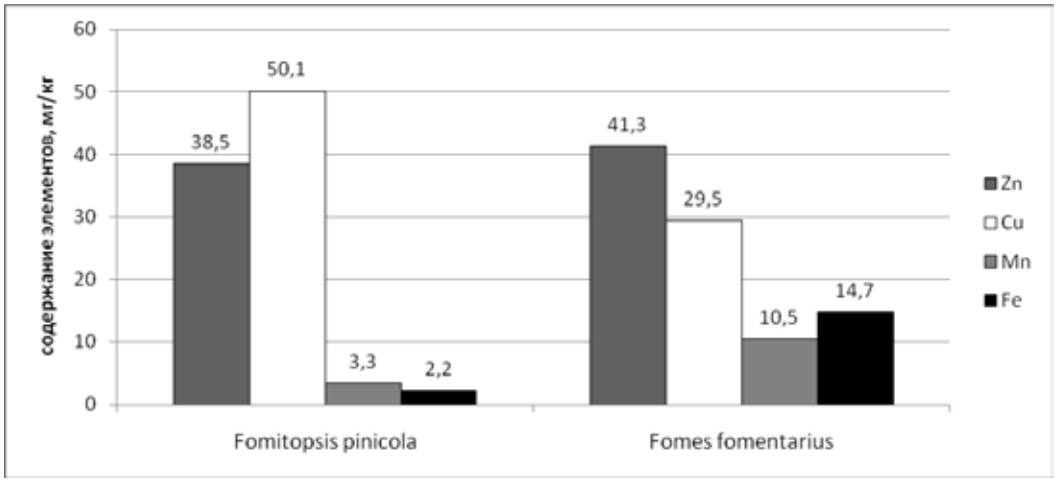


Рисунок 1. Среднее содержание элементов в базидиомах разных видов грибов.

ников поллютантов) содержание этих элементов в древесине деревьев, на которых развиваются эти грибы. С этой целью мы сравнили накопление тяжелых металлов в плодовых телах *Fomitopsis pinicola*, формирующихся на разных родах древесных растений и проанализировали, насколько коррелируют между собой концентрации элементов в базидиомах и древесине.

Усредненные данные показывают, что по суммарному накоплению рассматриваемых тяжелых металлов первое место занимают плодовые тела трутовика окаймленного, собранные на валежных и сухостойных стволах сосны (рис. 2).

Корреляционный анализ показал значительное отрицательное сходство в содержании цинка и меди (–0,768), железа и марганца (–0,684) в базидиомах *Fomitopsis pinicola*. Значимая положительная корреляция (0,809) отмечена между концентрациями элементов в плодовых телах грибов и древесине ольхи.

По-видимому, для продуцентов и редуцентов в лесных экосистемах Южного Приуралья характерны видовые особенности накопления тяжелых металлов. В древесине преимущественно содержится марганец и железо, а в дереворазрушающих грибах – цинк и железо. Изученные виды грибов отличаются как по

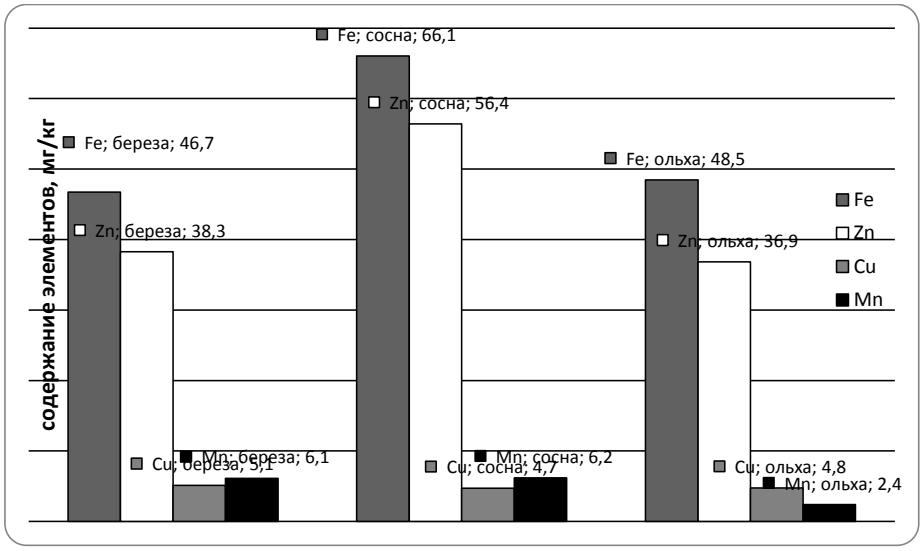


Рисунок 2. Среднее содержание тяжелых металлов в базидиомах *Fomitopsis pinicola*, формирующихся на субстратах разной видовой принадлежности.

суммарному накоплению тяжелых металлов, так и по содержанию отдельных элементов, в особенности марганца и железа. Полученные данные необходимо дополнить за счет включения в исследования других видов ксилотрофных грибов с тем, чтобы дальнейшем показатели аккумуляции тяжелых металлов грибами могли быть адекватно использованы для анализа состояния среды.

Список литературы

1. Сафонов М.А. Трутовые грибы (Polyporaceae s.lato) лесов Оренбургской области. Микол. фитопат. 1999; 33(2): 75-80.
2. Safonov MA. Wood-inhabiting aphyllophoroid fungi of the Southern Preurals (Russia). Mycena. 2006; 6: 57-66.
3. Сафонов М.А. Структура сообществ ксилотрофных грибов. Екатеринбург: УрО РАН. 2003: 269 с.
4. Чураков Б.П., Зырьянова У.П., Пантелеев С.В., Морозова Н.В. Тяжелые металлы в представителях различных эволюционных групп грибов. Микол. фитопатол. 2004; 38(2): 68-77.
4. Чураков Б.П., Лисов Е.С., Евсеева Н.А., Божок Л.Л. Микоиндикация загрязнения лесных экосистем тяжелыми металлами. Микол. фитопатол. 2000; 34(2) 2: 57-61.
5. Беккер З.Э. Физиология грибов и их практическое использование. М.: Изд-во МГУ. 1963: 269 с.
6. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. в 3 т. Пер. с англ. М.: Мир. 1982: 960 с.
7. Сафонов М.А., Шамраев А.В., Дволучанская Ю.В., Башкатова Е.В. Накопление тяжелых металлов в системе «почва-дерево-гриб» в Южном Приуралье. Вест. ОГУ. 2013; 6(155): 127-32
8. Химич Ю.Р., Исаева Л.Г. Химический состав трутовых грибов в зоне влияния медно-никелевого производства. Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2011. Раздел I. Биология. 2011; 1: 72-6
9. Иванова Т.С., Антоненко Л.А., Бисько Н.А. Влияние нанометаллов на рост лекарственных грибов. Микробиологическая биотехнология – наукоёмкое направление современных знаний: Conf. Şt. Intern., Chişinău, Moldova, 6-8 iul. 2011/com. org.: Liliana Cepoi [et al.]. Ch.: „Elena-V.I." SRL, 2011: 167-68.

ВЛИЯНИЕ АРБУСКУЛЯРНЫХ МИКОРИЗНЫХ ГРИБОВ И РИЗОБАКТЕРИЙ НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Сафронова Г.В., Алещенкова З.М., Короленок Н.В., Падутов В.Е, Острикова М.Я., Константинов А.В.
Институт микробиологии НАНБ, Минск
Институт леса НАНБ, Минск

Важная роль в снабжении растений биологическими макро- и микроэлементами принадлежит эндомикоризным грибам. Арбускулярные микоризные грибы (АМГ) развиваются в корнях у 90% видов наземных растений. Показано, что эндофиты, в сравнении с другими почвенными грибами, не только растворяют фосфаты почвы, но и обладают большей способностью добывать фосфат из почвенного раствора, т.к. растение-симбионт поставляет им соединения углерода, содержание которых в почве может быть лимитировано. Кроме того, известно, что АМГ могут добывать фосфор из органических соединений,

непосредственно недоступных для растений [1]. Помимо этого они играют важную роль в выживании и развитии растений в неблагоприятных условиях окружающей среды. Инокуляция растений эндомикоризными грибами повышает урожай многих сельскохозяйственных культур и поступление в них фосфора из почвы и фосфорных удобрений. В некоторых случаях инокуляция АМГ позволяет сэкономить 25–50% фосфорных удобрений.

Вместе с тем, наиболее мощными растворителями почвенных фосфатов являются ассоциации арбускулярных микоризных грибов с бактериями pp. Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium и Enterobacter [2]. Учитывая значимость микроорганизмов для повышения продуктивности растений и экологизации земледелия, АМГ и бактериальные штаммы могут быть включены в состав комплексного микробного препарата.

Цель работы – получение АМГ для включения в качестве микотрофной составляющей в состав комплексного микробного препарата с целью стимуляции роста лесного посадочного материала хвойных пород.

АМГ – основу микотрофной составляющей нового комплексного препарата микробного выделяли из природных экосистем. Выделение эндофитов и получение их моноспоровой культуры начинали с обследования корней однолетних сеянцев сосны. Исследовали лучшие растения с хорошо развитой корневой системой. Количественным критерием оценки доли микоризованных растений для отбора инокуляционого материала спонтанных АМГ служила интенсивность их развития в корнях древесной культуры. Определение уровня развития АМГ выявило высокую степень микоризации корней сеянцев: встречаемость микоризной инфекции в форме гиф 67 и везикул 55%. При анализе ризосферной почвы сеянцев сосны выявлена еще одна структура АМГ – споры (фото).

На основании изучения морфологических особенностей структур АМГ, микоризовавших корни сеянцев сосны, молекулярно-генетического анализа их ДНК проведена идентификация выделенных микосимбионтов и установлена их принадлежность к роду Glomus.

Микоризованные корни, содержащие спонтанные АМГ сеянцев сосны в виде гиф, везикул и спор, измельчали и высушивали при комнатной температуре, получая корневой инокулюм АМГ, и в таком виде хранили.

Далее спонтанные АМГ рода Glomus, микоризовавшие корни сеянцев сосны, хранили и размножали в модельном эксперименте в двучленной горшечной культуре в корнях растений плектрантуса и сорго, т.к. грибы не растут на питательных средах без растения-хозяина. В результате проведенных исследований нами получены чистые, коллекционные, накопительные культуры АМГ и АМГ компонент (микотрофная составляющая), который включен в состав комплексного микробного препарата для стимуляции роста лесного посадочного материала хвойных пород.

Ранее из ризосферы сеянцев сосны и ели выделены и отобраны в качестве основы бактериальной составляющей комплексного микробного препарата эффективные бактериальные штаммы-ростстимуляторы *Rahnella aquatilis u Burkholderia phytofirmans* (азотфиксаторы), *Serratia* sp. и *Pseudomonas putida* (фосфатмобилизаторы), обладающие комплексом хозяйственно-ценных свойств (табл. 1).

При проведении исследований составили 4 возможных варианта основы нового комплексного микробного препарата для хвойных пород, включающие выделенные АМГ рода Glomus (микотрофная составляющая) и бактериальные азотфиксирующий и фосфатмобилизующий штаммы (бактериальная состав-

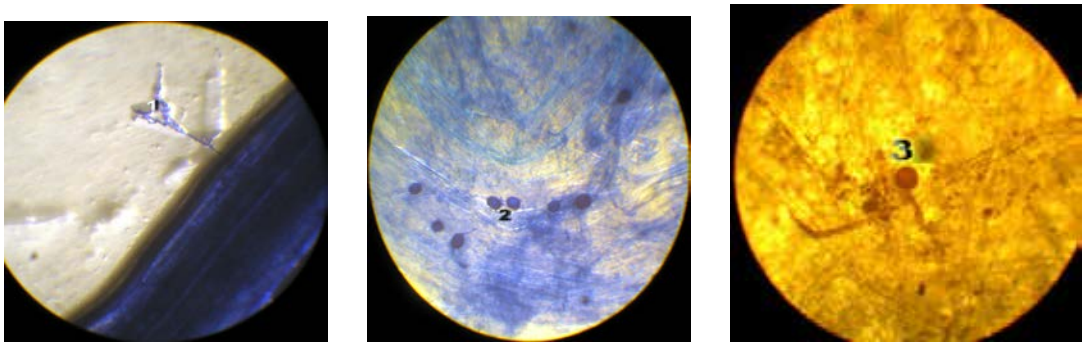


Рисунок. Микоризные структуры в корнях однолетних сеянцев сосны.
1 – гифы (увел. 5х 2,5 х 90); 2 – везикулы (увел. 15 х 20); 3 – споры (увел. 15 х 20)

ляющая), эффективность которых изучали в полевом эксперименте в питомнике Кореневской и Жорновской ЭЛБ ГНУ «Институт леса НАН Беларуси». Исследовали их влияние на развитие сеянцев хвойных пород (табл. 2).

В результате изучения влияния составленных вариантов комплексного микробного препарата на среднюю высоту сеянцев сосны и ели было установлено, что их использование на фоне снижения концентрации минеральных удобрений позволяет добиться показателя средней высоты сеянцев достоверно не уступающего показателю с «Бревесином» (препарат, используемый в лесхозах для обработки хвойных пород) или превышающего его.

Таблица 1. Хозяйственно-ценные свойства отобранных штаммов ризобактерий

Штамм	НГ-активность, нМ этилена/фл./сут	Диаметр зон растворения $Ca_3(PO_4)_2$, мм	Количество ИУК, мкг/мл
R. aquatilis	438,0	10,1	157,0
B. phytofirmans	148,4	–	33,0
P. putida	17,8	15,4	136,0
Serratia sp.	–	7,1	44,7

Таблица 2. Средняя высота сеянцев сосны и ели.

Вариант предпосевной обработки семян	Доза NPK-удобрения	Средняя высота сеянцев сосны, мм	Средняя высота сеянцев ели, мм
«Бревесин» (контроль)	полная	36,3±10,9	42,0±12,8
АМГ + *R. aquatilis* + *P. putid*a	-10%	39,8±10,6	44,7±11,0
	-20%	34,7±10,5	47,2±13,7
	-30%	36,5±10,2	38,6±10,3
АМГ + *R. aquatilis* + Serratia sp.	-10%	37,1±9,6	40,1±10,8
	-20%	37,0±9,0	38,4±11,2
	-30%	40,3±9,4	30,2±10,2
АМГ + B. phytofirmans + *P. putida*	-10%	36,3±10,3	35,8±6,2
	-20%	34,5±10,2	37,3±10,1
	-30%	39,3±10,2	34,5±7,0
АМГ + B. phytofirmans + Serratia sp.	-10%	39,1±11,8	36,0±9,8
	-20%	41,8±10,6	23,3±7,8
	-30%	41,0±10,9	28,8±8,1

Средняя высота сеянцев сосны в конце вегетационного периода в контрольном варианте равна 36,3±10,9 мм. Использование АМГ и ризобактерий положительно влияет на высоту сеянцев сосны на фоне снижения NPK-удобрений на 10–30%. В ряде вариантов с применением микроорганизмов на фоне снижения концентрации минеральных удобрений изучаемый показатель достоверно превышал контрольный.

При обработке семян сосны АМГ + *B. phytofirmans* + *Serratia* sp. средняя высота сеянцев превышала контроль на 13 и 15% в вариантах со снижением концентрации минеральных удобрений на 20 и 30% соответственно. При снижении дозы NPK-удобрений на 30% применение АМГ + *R. aquatilis* + *Serratia* sp. обеспечивает увеличение средней высоты сеянцев сосны на 11%.

Средняя высота сеянцев ели к концу вегетационного периода в контрольном варианте была равна 42,0±12,8 мм. При обработке семян ели АМГ + *R. aquatilis* + *P. putida* и снижении дозы NPK-удобрений на 10 и 20% отмечается увеличение высоты сеянцев на 6,4 и 12,4% соответственно.

Обработка семян АМГ и ризобактериями в большинстве случаев повышала приживаемость сеянцев сосны.

Наибольшая приживаемость сеянцев сосны была отмечена в вариантах с применением для обработки семян АМГ + *R. aquatilis* + *Serratia* sp. (концентрация удобрения была снижена на 10%) – 83%, АМГ + *B. phytofirmans* + *Serratia* sp. (снижение концентрации удобрений на 20% и 30%) – 72%. Приживаемость сеянцев сосны в контрольном варианте составляла 22%.

В случае обработки сеянцев ели микроорганизмами АМГ + *R. aquatilis* + *P. putida* на фоне снижения концентрации удобрений на 10% и 20% приживаемость составила 92% и 75%. Сохранность сеянцев ели в контрольном варианте составляла 72%.

Таким образом, АМГ рода Glomus, выделенные нами, могут быть включены в качестве микотрофной составляющей в состав комплексного микробного препарата для стимуляции роста хвойных пород.

Список литературы

1. Проворов Н.А., Борисов А.Ю., Тихонович И.А. Сравнительная генетика и эволюционная морфология симбиозов растений с микробами-азотфиксаторами и эндомикоризными грибами. Журн. общ. биол. 2002; 63(6): 451-72.
2. Whitelaw MA. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. Adv Agron. 2000; 69: 99-151.

О НЕОБХОДИМОСТИ ОХРАНЫ *PIPTOPORUS QUERCINUS* (SCHRAD.) P. KARST.

Сарычева Л.А.
Воронежский государственный университет, заповедник «Галичья гора»

В последние десятилетия на территории многих регионов России угрозу ставятся популяции многих видов грибов, экологически связанных со старыми деревьями дуба. К ним относится и пиптопорус дубовый Piptoporus quercinus (Schrad.) P. Karst. (синоним *Buglossoporus pulvinus* (Pers.) Donk) – евразийский неморальный вид, ассоциированный с представителями рода *Quercus* spp. и относящийся к трофической группе стенобионтных ксилотрофов.

На территории Европы *P. quercinus* отмечен в Австрии, Болгарии, Великобритании, Германии, Дании, Норвегии, Польше, Португалии, Румынии, Турции, Франции, Чехии, Словакии, Швеции, а также Беларуси и Украине [1–3 и др.]. В Азии вид зарегистрирован в Японии и на Дальнем Востоке России [1], а также на Южном Приуралье, где он известен по нескольким находкам в Оренбургской и Челябинской областях [4, 5]. В европейской части России вид выявлен в Рязанской [6], Ульяновской и Самарской областях [7], в Ставропольском крае и на Кавказе (неопубликованные данные Ухановой И.А. и Семенова Ю.А. [8]). В Центрально-Черноземном регионе к настоящему времени он достоверно известен только из Липецкой области [9, 16].

В силу редкости имеющиеся данные о биологии и экологии вида крайне фрагментарны, поэтому ниже мы приводим сведения, полученные нами при обследовании дубрав на территории Липецкой области. Исследования проводились в 2006–2014 гг. маршрутно-экспедиционным методом, сбор и гербаризация плодовых тел (базидиом) гриба осуществлялись по общепринятым методикам, камеральная обработка материала проходила в лаборатории микологии заповедника «Галичья гора». Каждая находка *P. quercinus* подтверждена гербарным образцом, хранящимся в Фондовом микологическом гербарии заповедника «Галичья гора». Верность идентификации вида подтверждена И.В. Змитровичем (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург).

В Липецкой области, несмотря на длительное микологическое обследование ее территории, *P. quercinus* был обнаружен только в Краснинском районе в окр. с. Яблоново, на территории памятника природы «Низовье р. Плющань»[9]. Местонахождение расположено в нагорной дубраве на левом склоне балки, в 1,5 км выше от истоков р. Плющань. Дубрава средневозрастная (70–80 лет), разреженная, с доминантом Quercus robur, расположена на сухом хорошо прогреваемом склоне юго-восточной экспозиции. Кустарниковый ярус развит слабо, разрежен и сформирован *Acer tataricum* L., *Corylus avellana* L. и *Euonymus verrucosa* L. Травянистые сообщества представлены преимущественно разнотравно-злаковыми, разнотравно-земляничными и разнотравно-снытевыми ассоциациями с участием ряда редких видов (*Lilium martagon* L., *Iris aphylla* L., *Potentilla alba* L., *Fragaria moschata* (Duch.) Weston и др.). В составе флоры отмечены представители флоры широколиственных горных лесов Западной Европы *Laserpitium latiifolium* L. и *Cervaria rivinii* Gaertner, находящиеся здесь на восточной границе ареала.

В этом местообитании 14.07.2011 г. впервые для региона были выявлены два локалитета *P. quercinus* – одиночные базидиомы отмечены на староспиленных пнях дуба (диаметр около 20 см), находящихся друг от друга на расстоянии 20 м (образцы № 4452, 4453).

В следующем году в том же местообитании и также на старом пне дуба отмечена группа сросшихся базидиом (дата сбора 5.08.2012 г., образец № 4472). В 2013 году при неоднократном обследовании данного урочища P. quercinus не был выявлен. В 2014 г., несмотря на неблагоприятные погодные условия вегетационного сезона (высокая температура и отсутствие осадков), там же были выявлены 2 деформированных плодовых тела гриба (дата сбора 16.07.2014 г., образец № 4606).

Как и в пределах всего ареала, в Липецкой области P. quercinus найден в старовозрастной дубраве на открытом и хорошо освещённом участке. Примечательно, что на территории этого памятника природы, кроме P. quercinus, в сходных участках дубравы были выявлены также такие редкие виды, как *Boletus appendiculatus* Schaeff., *B. calopus* Fr, *B. legaliae* Pilat и *B. satanas* Lenz. – микоризные симбионты дуба. Для указанных видов это единственные места обнаружения в Липецкой области. Аналогичные комплексы с участием *B. legaliae*, *B. satanas* и других редких видов, формирующиеся в местах обитания *P. quercinus*, были выявлены также и в Левобережной Украине в сухой старовозрастной дубраве на границе национального парка «Гомольшанские леса» [2]. По имеющимся сведениям, *P. quercinus* обитает на живых и отмерших стволах дуба, реже на пнях, формирование его базидиом происходит не регулярно, интервалы в их появлении достигают нескольких десятков лет [1, 2]. Все наши находки базидиом этого вида в четырех локалитетах отмечены на староспиленных (примерно одновозрастных) пнях дуба.

Базидиомы *P. quercinus* однолетние, шляпковидные, вытянутые или половинчатые, с трубчатым гименофором, отличаются достаточно мягкой консистенцией и существуют непродолжительное время. Примерно через 2, максимум 3 недели после формирования они сильно темнеют (в этой стадии внешне они становятся сходными с базидиомами *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With.), деформируются и загнивают, что делает их неидентифицируемыми. По литературным данным, базидиомы *P. quercinus* развиваются с мая по декабрь ([1]. Наши наблюдения показывают, что плодовые тела гриба формируются в июле и первой декаде августа, в более поздние сроки плодоношения не отмечались. Аналогичные данные получены и в условиях Левобережной Украины, где все находки плодоношений гриба выявлены во 2-й половине июня и июле [2].

P. quercinus развивается на древесине дуба черешчатого *Quercus robur* L. и вызывает бурую гниль, которая по локализации в древесине является центральной стволовой. Среди ксилотрофных грибов, связанных с дубом, данный вид занимает достаточно обособленную и специфическую экологическую нишу. Скорость разложения древесины под влиянием *P. quercinus* низкая, что позволяет мицелию гриба сохраняться в субстрате длительное время и обеспечивает возможность многократного формирования базидиом на протяжении десятков лет [1, 3, 4; 10, 11]

Особенности биологии развития вида (кратковременность существования базидиом, длительные периоды флюктуации) усложняют его выявление и установление частоты встречаемости. Соответственно, объективные данные о распространении *P. quercinus* могут быть получены только в результате многолетнего мониторинга, проведенного в наиболее благоприятные периоды для образования плодовых тел. Для выяснения состояния *P. quercinus* мы считаем обоснованным и необходимым включение этого вида в списки приоритетных объектов исследования и охраны.

В силу узкой субстратной специализации и приуроченности к старовозрастным дубравам, основным фактором сокращения численности *P. quercinus* является прогрессирующее сокращение его мест обитания вследствии как эндогенных сукцессионных процессов в лесных экосистемах, так и результата экзогенного воздействия на них. В России основную угрозу виду представляет уничтожение мест его обитания из-за усыхания дубрав, лесных пожаров, интенсивных рубок дуба и особенно изъятия старовозрастных деревьев. В этих условиях первоочередными действиями по сохранению *P. quercinus* должно стать выявление его местонахождений, контроль за состоянием и динамикой выявленных популяций и взятие наиболее ценных из них их под охрану в качестве ООПТ с ограничением или запретом на них рубки старовозрастных деревьев дуба.

Из-за своей редкости во многих странах Европы *P. quercinus* имеет особый природоохранный статус. Имеющиеся данные свидетельствуют о критическом состоянии многих его популяций – так, в Великобритании, Германии, Дании, Словакии и Швеции он стал крайне редок и внесён на этом основании в национальные Красные книги с присвоением категории «EN» (находящийся под угрозой исчезновения) (European Council for. Red List of Slovak Fungi, Red list of Threatened) [14]. В России к настоящему времени *P. quercinus* взят под охрану только в Липецкой и Челябинской областях [15, 16]. Несомненно, что в тех субъектах РФ, где вид встречается, необходимо его внесение в списки редких видов, нуждающихся в охране, с последующим включением в региональные Красные книги. Наряду с другими редкими видами *P. quercinus* является видом-индикатором малонарушенных широколиственных лесов и служит подтверждением особой ценности участков старовозрастных дубрав.

Список литературы

1. Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2: Семейства Альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые, лахнокладиевые, полиплровые, пориевые, регидопоровые, феоловые, фистулиновые. СПб.: Наука, 1998: 391 с.
2. Ордынец А.В., Акулов А.Ю. Редкий гриб Piptoporus quercinus (Schrad.) P.Karst. из национального парка «Гомольшанские леса». Научные исследования на территории природно-заповедного фонда Харьковской области. Под ред. А.А. Атемасова. Харьков: ХНУ, 2006: 24-30.
3. Ryvarden L., Gilbertson R.L. European Polypores, part 2 (Meripilus – Tyromyces). Oslo: Synopsis Fungorum. 1994; 7: 547-9.
4. Сафонов М.А. Редкие виды грибов Оренбургской области: проблемы выявления, изучения и охраны. Оренбург: Изд-во ОГПУ. 2003: 100 с.
5. Shiryaev AG, Kotiranta H, Mukhin VA et all. Aphyllophoroid fungi of Sverdlovsk region, Russia: Biodiversity, Distribution, Ecology and The IUCN Threat Categories. Ekaterinburg: Goshchtskiy Publichsher, 2009: 304 p.
6. Волоснова Л.Ф. Афиллофоровые грибы Окского заповедника. Новости систематики низших растений. 2007; 41:101-5.
7. Светлова Т.В., Змитрович И.В. Трутовики и другие деревообитающие афиллофоровые грибы (http:. mycoweb-stv.narod.ru/fungi/ODG/ODG1.html)
8. Грибы Калужской области. http:.mycoweb.narod.ru/fungi.
9. Сарычева Л.А. Сведения о распространении редких видов грибов и растений Липецкой области (по результатам работ 2012 г.). Состояние редких видов растений и животных Липецкой области: Информ. сб. мате. Вып. 5. Воронеж: «Научная книга». 2012: 97-111.
10. Wald P, Crockatt M, Gray V, Boddy L. Growth and interspecific interactions of the rare oak polypore Piptoporus quercinus. Mycol. Res. 2004; 108(2): 189-97.
11. Nunez M., Ryvarden L. East Asian Polypores. (Polyporaceae s. lato). Oslo: Fungiflora. 2001; 2 :352 p.
12. European Council for the Conservation of Fungi. http: .www.wsl.ch/eccf/.
13. Red List of Slovak Fungi: http:.www.wsl.ch/eccf/Slovakia.pdf.
14. Red list of Threatened Fungi in Norway: http:.www.nhm.uio.no/botanisk/bot-mus/sopp/redalpha.htm
15. Красная Книга Челябинской области: животные, растения, грибы. Министерство по радиационной и экологической безопасности Челябинской области, Ин-т экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2005: 450 с.
16. Красная книга Липецкой области. Т. I. Растения, грибы, лишайники. Изд. 2-е, перераб. Под ред. А.В. Щербакова. Липецк: ООО «Веда социум». 2014: 696 с.

МИКОБИОТА ДУБРАВ МОСКОВСКИХ ПАРКОВ И ЛЕСОПАРКОВ

Селочник Н.Н.
Институт лесоведения РАН (ИЛАН); Успенское Московской области

В течение 2012–2014 гг. под наблюдением были следующие объекты: Измайловский лесопарк, парк Дубки, Терлецкий лесопарк, усадьба-музей Коломенское, Воронцовский парк, и некоторые лесные участки: Серебряноборское опытное лесничество института лесоведения Российской академии наук, расположенное вдоль Рублевского шоссе, Серебрянопрудское участковое лесничество Луховицкого района Московской области. 3-х летнее обследование парков и лесопарков Москвы и Подмосковья позволило выявить грибных патогенов на деревьях дуба и грибы в лесной подстилке дубрав.

При обследовании микобиоты, с учетом летнего и осеннего сборов грибов в лесной подстилке, идентифицированы грибы из 4-х экологических групп: биотрофы, ксилотрофы, подстилочные и гумусовые сапротрофы, микоризообразователи. Мы попытались распределить состояние обследованных насаждений по 5-бальной шкале на основе их микобиоты как на деревьях, так и на других элементах леса (Идея Е.Э. Мучник). Самый распространенный ложный дубовый трутовик *Fellinus robustus* (P. Karst.)Bourd. et Galz. (ЛДТ). Это типичный биотроф, поселяющийся в ядре дерева, затрагивающий заболонь и выходящий на поверхность, образуя вдавленность, на которой и появляются плодовые тела. Несмотря на такое поражение, дуб с этим биотрофом вполне уживается, хотя число плодовых тел на дереве может достигать 10–15 шт., что, конечно, сказывается на состоянии кроны.

В лесопарках Московского региона этот гриб отмечался и на старых дубах, хотя, например, в лесостепных дубравах он был приурочен, в основном, к молодым и средневозрастным насаждениям, очевидно, потому, что эти деревья не доживали до старости в более суровых условиях. Повреждение заболони у более тонких, по сравнению со старыми дубами, деревьев нарушало жизненные процессы дерева, да и в месте вдавленности на стволе мог происходить облом. Особенно много этого трутовика в Измайловском парке, в местах, прилегающих к шоссе Энтузиастов и к расположенной вдоль шоссе стройке, а также в Терлецкой дубраве (входит в состав Измайловского природного парка), со всех сторон окруженной проезжими трассами.

Наша пробная площадь, и участок за ее пределами подвергались сильной рекреации (волейбольная площадка, аттракционы и пр.), состояние дубов мало отличалось от Измайловского парка, в который она входила. Лдт насчитывалось здесь до 10–20 шт. на дереве. Несомненно, это говорит о его опасности для жизни дерева, но, с другой стороны, при хорошем уходе за деревьями в парке, он может сосуществовать с дубом длительное время. Ни в Измайловском парке, ни в Дубках, ни в Терлецкой дубраве мы не встретили ни одного усыхающего дуба, даже с большим количеством плодовых тел (10–20) этого гриба.

В парках он встречается чаще на старых деревьях, и они живут, не усыхают! Конечно, в Московской области более мягкие условия для жизни дубов, по сравнению с лесостепным регионом. Другой истинный биотроф – дубовый трутовик (ДТ) *Inonotus dryophilus* (Berk.) Murrill,(дт),также встречающийся в местах, подверженных рекреации, как в Измайлове, так и в парке Дубки, но реже, чем *F. robustus*. Стоит указать на распространенность на дубах в московских парках грибов-ксилотрофов, обычно живущих на мертвой древесине, но часто начинающих свое развитие на еще живых дубах. Это прежде всего настоящий трутовик *Fomes fomentarius* (L.) J.J. Kickx и серно-желтый трутовик *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (сжт) с однолетними плодовыми телами, а также печеночница обыкновенная *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., найденная в Серебряно-Прудском лесничестве на юге Московской области на пне дуба. В пределах Москвы этот гриб обычно не встречается.

Что касается *F. fomentarius*, это очень распространенный в лесах ксилотроф, поселяющийся на многих лиственных породах, но в обследованных парках он отмечался прежде всего на дубе. То же следует сказать и о *L. sulfureus* (СЖТ). Широко распространен в различных типах леса и разных местообитаниях, в том числе и в московских садах и парках. Его можно найти на живых и сухостойных деревьях, особенно много его в лесах на валеже.

Однако в опытном лесничестве ИЛАН в Воронежской области мы впервые наблюдали развитие этого гриба на живом старовозрастном дубе в течение 3-х лет! Каждый год появлялись новые плодовые тела у основания ствола, дуб с мощной кроной прекрасно себя чувствовал, и только его близкое расположение к краю дороги, где часто проезжали большегрузные машины, ускорило его гибель, очевидно, вследствие механического повреждения корней.

Всего на пробных площадях в Измайлово и Серебряном бору (вдоль Рублевского шоссе), как наиболее интересных для сравнения объектах, идентифицировано 45 видов грибов, включающих все экологические группы, причем в Измайлово их оказалось практически одинаковое количество на расстоянии как 50 м, так и 100 м от шоссе (17 и 16 шт., не считая биотрофов). Что же касается Серебряного бора, там, на расстоянии более чем 100 м от Рублевского шоссе видов грибов оказалось в 2 раза больше (22 вида), чем в 50 м от шоссе (12 видов), и в первом случае единично отмечены и микоризообразователи *Boletus subtomentosus* L. и *B. chrysenteron* Bull.

Однако в Измайлово на расстоянии менее 50 м от автотрассы и более 100 м в обоих местообитаниях выявлен ксилотроф *Bjercandera adusta* (Willd.)P. Karst., служащий индикатором антропогенного воздействия на экосистему (Сарычева,2009).

Таблица. Состояние насаждений разной степени нарушенности с учетом микобиоты.

Класс грибов	Измайловский природный парк		Серебряно-борское оп. л-во ИЛАН		Терлецкая дубрава*		Парк Дубки		Контр. ПП Ярославское шоссе
	<50 м от шоссе	>100 м от шоссе	<50 м от шоссе	>100 м от шоссе	пп и рекреац. участок		<50 м от шоссе	>100 м от шоссе	42 км от Москвы
Биотрофы	ЛДТ 10 шт.	2 ЛДТ на 2-х дер.	0	0	10 ЛДТ на дер.	10-20 ЛДТ на дер.	2 ЛДТ	ЛДТ-6 шт. дт-1шт.	1дт
Ксилотрофы	14	7	10	9 (на валеже и пнях)	0	6	2 ПНР	15 сжт 1 ПНР**	17 (на валеже и пнях)
Bjercandera adusta	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Подстилочные и гумусовые сапротрофы	2	8	2	10	15	9	Ведьмины кольца опенка лугового	0	11
Микоризообразователи	0	0	0	2	0	3	0	3	7
Балл состояния	**4**	**3**	**2**	**1**	**3**	**3**	**3**	**4**	**1**

Примечание: * Входит в состав Измайловского природного парка. ** много фаутов (сухобочины, морозобоины, обломы, дупла). ЛДТ – ложный дубовый трутовик, ДТ – дубовый трутовик, СЖТ – серножелтый трутовик, ПНР – поперечный надломовидный рак бактериальный.

Терлецкая дубрава входит в состав Измайловского природного парка и со всех сторон окружена различными трассами: Шоссе Энтузиастов, ул. Металлургов, Владимирский тракт. Наша пробная площадь и участок за ее пределами подвергались сильному антропогенному воздействию и рекреации (волейбольная площадка, аттракционы и пр.). Состояние дубов здесь мало отличалось от Измайловского парка, в который она входила. Нашего главного биотрофа –ЛДТ – насчитывалось здесь до 10–20 шт. на дереве даже на расстоянии более 100 м от шоссе.

Несомненно, это говорит о его опасности для дерева и плохом прогнозе на будущее, но, с другой стороны, при хорошем уходе за деревьями в парке, он может сосуществовать с дубом длительное время. Помимо грибов в ряде объектов отмечен поперечный надломовидный рак (ПНР) бактериальной природы с возбудителем *Pseudomonas quercus*. Это прежде всего парк Дубки (в обеих точках), где также имеются и ЛДТ и ДТ, и СЖТ.

Обратимся к другим экологическим группам грибов. Как правило, в парках валеж убирался, и ксилотрофов было незначительное количество, как и подстилочных сапротрофов. Однако в Терлецкой дубраве при осеннем сборе грибов выявлено 6 ксилотрофов, 9 подстилочных и гумусовых сапротрофов и 3 микоризных гриба. Но наличие в этой дубраве значительного количества ЛДТ на деревьях дуба: до 10 шт. на пробной площади и 20 и 15 шт. на дубах за пределами ПП (рекреационный участок) побудило придать этому объекту балл 3 состояния, несмотря на 3-х микоризообразователей в подстилке. Поскольку биотрофы (ЛДТ и ДТ) присутствовали также в Измайлове, парке Дубки, в значительном количестве (на некоторых деревьях), а в парке Дубки помимо этих объектов отмечены еще и СЖТ и ПНР, и имеется также *BJerkandera adusta*),следовало присвоить балл 4, но 1-й точке, где нет *BJerkandera* дан балл 3(меньше лдт и имелись микоризообразователи).

Самый распространенный из биотрофов (и почти единственный биотроф в московских парках) ложный дубовый трутовик (*Fellinus robustus*, (Berk.) Murr. присутствует почти во всех обследованных объектах. Самыми поражаемыми лдт оказались Измайловский парк (<50 и >100 м от автотрассы в связи с антропогенным влиянием перегруженности ее автотранспортом и имеющейся там стройки), парк Дубки >100 м, из-за интенсивной рекреационной нагрузки (детские площадки, пруды, густая тропиночная сеть). В этих объектах отмечен еще *Bjerkandera adusta* (Willd.: Fr.) Все они должны были иметь балл 4, но в точке Измайлово >100 м от дороги балл улучшен до 3-х за счет подстилочных и гумусовых сапротрофов, а также наличия микоризообразователей.

В Серебряном бору на участке более 100 м от шоссе не было биотрофов, ксилотрофы были только на валеже и пнях, группа подстилочных сапротрофов представлена разнообразнее, чем в Измайлове, присутствуют гумусовые сапротрофы (7 видов, указаны вместе с подстилочными) и микоризообразователи (2 вида). Кроме того, следует отметить наличие в Серебряном бору типично лесных родов грибов, таких как *Hypholoma, Clavulina, Russula, Phallus, Pleurotus* и др. Участок получил балл 1. На участке менее 50 м от шоссе тоже не было биотрофов, но есть ксилотрофы на деревьях и гораздо беднее остальная микобиота, Поэтому поставлен балл 2.

В Серебряном бору на участке более 100 м от шоссе не было биотрофов, ксилотрофы были только на валеже и пнях, группа подстилочных сапротрофов представлена разнообразнее, чем в Измайлове, присутствуют гумусовые сапротрофы (7 видов, указаны вместе с подстилочными) и микоризообразователи (2 вида). Кроме того, следует отметить наличие в Серебряном бору типично лесных родов грибов, таких как *Hypholoma, Clavulina, Russula, Phallus, Pleurotus* и др. Участок получил балл 1. На участке менее 50 м от шоссе тоже не было биотрофов, но есть ксилотрофы на деревьях и гораздо беднее остальная микобиота, Поэтому поставлен балл 2.

Ну и, наконец, контрольная пробная площадь на Ярославском шоссе полностью соответствовала своему назначению и получила балл 1. Имелся лишь один биотроф (дт). Ксилотрофов на деревьях дуба не было, лишь на валеже и пнях, достаточное количество подстилочных и гумусовых сапротрофов и 7 микоризообразователей.

Следовательно, контрольная площадь была выбрана правильно.На ней идентифицировано 29 видов грибов, среди которых было много типичных лесных видов, в том числе редкие и интересные виды: лопасник длинноногий(*Helvella macropus* Pers.) P. Karst., рогатик коралловидный или гребенчатый (*Clavulina coralloides* (Fr.) Schroet.

Таким образом, судя по приведенным данным, микобиота может быть существенным дополнительным показателем состояния антропогенно нарушенных территорий.

Список литературы

1. Джеффри Кибби. Атлас грибов. Определитель видов. Амфора-атлас. 2009
2. Сарычева Л.А. и др. Микобиота Липецкой области. Воронеж, ИПЦ ВГУ. 2009.
3. Svrcek M., Vancura B. Houby. Artia. 1987.

АНТАГОНИЗМ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ К САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫМ МИКРООРГАНИЗМАМ

Семёнова С.А., Потехина Р.М., Галиуллин А.Н.
ФЦ токсикологической, радиационной и биологической безопасности», Казань
Казанская государственная ветеринарная академия, Казань

В последние годы коренным образом меняются взгляды на процессы, традиционно толковавшиеся как «отмирание» патогенных микроорганизмов во внешней среде: вскрыты причины редкости и непродолжительности выделения культур из почв или водоемов. Речь идет о переходе многих патогенных бактерий в некультивируемое состояние при обитании в почве (воде), что с применением полимеразной цепной реакции (ПЦР) удалось доказать как в экспериментах (иерсинии, листерии, сальмонеллы), так и обнаружением некультивируемых форм возбудителей псевдотуберкулеза, чумы и холеры в естественных почвах и водоемах очагов инфекций (Литвин В.Ю. и др., 1994).

Важным механизмом сохранения и распространения некоторых патогенных микроорганизмов является их выживание в простейших (в частности, в амебах). Эти бактерии способны противостоять фагоцитозу свободноживущих амеб и использовать их как хозяев (Molmeret et al., 2005). Таким образом, амебы представляют собой их природный резервуар, действуя как «Троянские кони» микробного мира (Barker и Brown, 1994).

Возникновением и распространением инфекционных заболеваний управляет совокупность факторов, конверсия которых может сделать последствия заболевания более серьезными, чем можно было ожидать.

Все большее научное и практическое значение приобретают вопросы экологических особенностей патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, резервирующихся в почвах региона в сапрофитической фазе существования. С ними тесно связана проблема химического и биологического загрязнения окружающей среды. Важными вопросами здесь становятся изучение экологии как самих почвенных фитопатогенов, так и антагонистической микрофлоры, подавляющей их жизнедеятельность.

Микробные ассоциаций, включаясь в нормальный биоценоз, создают «микробный пейзаж» (Радчук Н. А., 1991). Особого внимания заслуживает один из типов взаимоотношений – антагонизм у микробов. Изучение этого явления представляет обширную область исследований, как для выяснения его биологической сущности, так и целью практического использования в медицине и в ветеринарии.

Поэтому представляется интересным поиск штаммов – антагонитсов патогенных микроорганизмов для ускорения их нейтрализации в почве, на скотомогильниках и разработке на их основе биологических препа-

ратов нового поколения для снижения риска распространения различных заболеваний.

Материалы и методы. Материалом для исследования служили образцы почв: образец чернозёмной почвы (Чистопольский район РТ); образец суглинистой почвы (Арский район РТ); образец серой-лесной почвы (Высогокорский район); образец почвы из скотомогильника (с давним сроком захоронения, из Республики Марий Эл), образец патологического материала от разложившегося трупа лабораторного животного.

Отбор проб проводили согласно методическим указаниям по санитарно-микробиологическому исследованию почвы (№ 2293-81, Утв. МЗ СССР 19.02.81). Отбор проб почвы массой 50–100 г каждая, проводили с помощью почвенного бура по углам и в центре обследуемого участка на глубине 15, 25, 50, 75, 100, 150 и 200 см; предварительно сняв верхний слой почвы (2–3 см). Подготовку проб к микробиологическому анализу проводили согласно «Методическому указанию по обнаружению возбудителя сибирской язвы в сырье животного происхождения и объектах внешней среды», утвержденной ГУВ СССР от I. XI. 1979 г. Почву освобождали от корней, камешков и тщательно перемешивали, пробу массой 50 г, помещали в колбу, заливали 5-кратным объемом физиологического раствора, шуттелировали 25 мин, отстаивали 5–8 мин и фильтровали через 2–3 слоя марли. Транспортировку исследуемых образцов осуществляли в соответствии с санитарными правилами «Порядок учета, хранения, передачи и транспортирования микроорганизмов I и IV групп патогенности» (СП 1.2.036-95).

Из образцов почв выделяли изоляты микроскопических грибов. Микробиологические анализы почв проводились по общепринятым методам, с использованием специальных жидких и плотных питательных сред (Ежов Г.И., 1974). Микроскопические грибы выделяли согласно методике, описанной Курасовой В.В. и др. (1971). Идентификацию выделенных изолятов проводили у микромицетов по Билай В.И. (1990).

В опытах использовались следующие штаммы условно-патогенных и патогенных микроорганизмов: *Bacillus anthracis* – шт. №55-ВНИИВВиМ; *Bacillus cereus* – шт. №8035, *St. aureus, Listeria monocytogenes, Salmonella typhimurium, Candida albicans, Candida pseudotropicalis, Escherichia coli; патогенных и фитопатогенных микромицетов: Aspergillus fumigates, Fusarium sporotrichioides, F. gramenearum.*

Антагонистическое взаимодействие между микроорганизмами определяли несколькими методами: метод штрихового посева по Гаузе Г.Ф. (1958), «чашечные» методы: исследования отсроченного антагонизма по Фредерику (Fredericq, 1957), метод прямого антагонизма по Мюррею (Murray, Loeb, 1950), в модификации Усвяцова Б.Я. (Усвяцов, 1967), и для количественной оценки признака «пробирочный» метод Бухарина с соавт. (2000).

Результаты исследований. Антагонистические свойства выделенных микроскопических грибов в отношении санитарно-показательных микробов и микромицетов представлены в таблице.

Как видно из данных, представленных в таблице 1, присутствуют антагонистические отношения между некоторыми микроорганизмами. Так, из 65 культур микромицетов антагонизм в той или иной степени в отношении санитарно-показательных бактерий микроскопических грибов проявили: к *B. cereus* – 7 изолятов, в отношении *St. aureus* – 5 изолятов, в отношении E. coli – 3 изолята, в отношении *B. anthracis* №5-ВНИИВВиМ – 2 изолята. Наибольшее количество антагонистов было в отношении *C. albicans* – 15 изолятов. Антагонизм в соновном проявили микромицеты рода *Trichoderma* являющиеся природными биодеструкторами и грибы рода *Candida*. В отношении санитарно-показательных микромицетов *F. gramenearum*

Таблица. Антагонизм выделенных микроскопических грибов в отношении санитарно-показательных микробов и микромицетов

Выделенные микромицеты	*B. cereus*	*Sal. typhimurium*	*St. aureus*	*E. coli*	*L. monocitogenes*	*C. albicans*	*F. grameniarum*	*As. fumigatus*	*Fus. sporotrichioidis*	*B.anthracis* № 55-ВНИИВВиМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aspergillus spp. As7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As8	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Aspergillus flavus As07	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
Aspergillus flavus As08	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
Aspergillus fumigatus As02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp.P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp.P2	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Penicillium spp P4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoderma spp. Tr1	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Trichoderma spp. Tr2	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+
Fusarium spp. Fs1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp. Fs2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium sporotrichioides Fs1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium graminearum Fs1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium graminearum Fs2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Candida spp. C01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Candida spp. C02	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As3	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Aspergillus spp. As4	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Aspergillus spp. As9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus flavus As03	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Aspergillus flavus As04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus ochraceus As031	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Aspergillus ochraceus As32	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Aspergillus ochraceus As34	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Penicillium spp. P5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp. P6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp. Fs1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp. Fs2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium sporotrichioides Fs1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Candida spp. C01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Candida spp. C02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As1	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Aspergillus spp. As2	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Aspergillus flavus As01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus flavus As02	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Aspergillus fumigatus As021	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Penicillium spp. P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoderma spp. Tr4	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Fusarium spp. Fs1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp. Fs2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As11	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Aspergillus spp. As12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus flavus As011	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Aspergillus flavus As012	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Aspergillus flavus As014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp. P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp., P2	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Penicillium spp. P4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoderma spp. Tr3	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Trichoderma spp. Tr4	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-
Fusarium spp. Fs1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Fusarium spp.Fs2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusarium spp. Fs4	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Fusarium spp. Fs8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus spp. As13	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Aspergillus spp. As12/2	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Penicillium spp. P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium spp. P12	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Candida albicans C1	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Candida pseudotropicalis Cp2/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: «+» – наличие антагонизма; «-» – отсутствие антагонизма.

и *F. sporotrichioides* антагонизм проявили грибы рода *Aspergillus* и *Trichoderma*.

Таким образом, изучение антагонистических взаимоотношений между отдельными представителями почвенного микромира в отношении патогенных для человека и животных микроорганизмов, а на первом этапе даже получение первичных данных, может сыграть немаловажную роль при разработке методов и средств биологической санации скотомогильников и оздоровления почвенных территорий, загрязненных возбудителем инфекционных заболеваний.

Анализируя литературные данные и результаты собственных исследований, необходимо согласиться с выводами ряда исследователей (Иванов А.В., 2005; Онищенко Г.Г., 2006; Иванов А.В., Чернов А.Н., Иванов А.А., 2010 и мн. др.), что санитарной микробиологии почв и изучению роли почвенных микроорганизмов в здоровье человека должно уделяться значительно больше внимания. Эта проблема очень многогранна и важна для экологии человека. Даже потенциально существующая возможность снижения риска возникновения эпидемии или эпизоотии делает такое исследование практически значимым.

Список литературы

1. Литвин В.Ю. О возможном механизме формирования эпидемических вариантов возбудителей сапронозов в почве или воде. Журн. миколбиол., эпидемиол. и иммунобиол. 1994; 5: 89-95.
2. Molmeret M, Horn M, Wagner M et all. Amoebae as training grounds for intracellular bacterial pathogens. Appl. Environ. Microbiol. 2005; 71: 208.
3. Радчук Н.А. Ветеринарная микробиология и иммунология. Агропромиздат. 1991.
4. Ежов Г.И. Руководство к практическим занятиям по сельскохозяйственной микробиологии. М.: Высшая школа. 1974.
5. Курасова В.В. Методы исследования в ветеринарной микологии. М.: Колос. 1971; 312: 22.
6. Билай Т.И., Курбацкий А.А. Определитель грибов. Киев: Наука думка. 1990. 485 с.
7. Гаузе Г.Ф. Пути изыскания новых антибиотиков. М. 1958.
8. Frederiq P. Colicins. Annu Rev Microbiol. 1957; 11: 7-22.
9. Murray RGE, Loeb LJ. Antibiotics produced by micrococci and streptococci that show selective inhibition within the genus Streptococcus. Canad J Res. 1950; 28: 177-85.
10. Усвяцов Б.Я. Бактериоциногения стрептококков: Автореф. дис. … канд. мед. наук. Челябинск. 1967.
11. Бухарин О.В., Забирова Т.М., Чертков К.Л. и др. Способ определения колонизационной резистентности экологической ниши тела человека. Патент РФ №2175673.
12. Иванов А.В. Животный мир и здоровье человека. Матер. конф. «Проблемы экотоксикол., радиационного и эпизоотологического мониторинга». Казань. 2005: 302-7.
13. Онищенко Г.Г. Биологическая безопасность. 2006 г.
14. Иванов А.В., Чернов А.Н., Иванов А.А. Актуальные проблемы биологической безопасности. Вет. мед. 2010; 94: 28-30.

ПОИСК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭНДОФИТОВ ПУСТЫННЫХ РАСТЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА

Шеримбетов С.Г.[1], Шеримбетов А.Г.[2], Глухова Л.А.[2], Мухамедов Р.С.[1]
[1]Институт биоорганической химии АНРУз, Ташкент
[2]Институт генетики и экспериментальной биологии растений АНРУз, Ташкент

Изучение микроорганизмов в тканях растений является одной из важных задач в определении приспособляемости высших растений к различным экологическим условиям. Известно, что некоторые виды микроорганизмов участвуют не только в функциональной активности, но также, играют важную роль в ответных реакциях на различные стрессовые экологические факторы. В связи с этим стоит особо отметить образование в тканях растений групп микроорганизмов из паразитов, сапрофитов, и видов других групп, особенно симбиоз из высших и низших форм организмов. Среди симбионтов, достойных внимания, можно выделить эндофитов из ряда микобионтов.

Изучение роли эндофитов в приспособлении пустынных растений к внешним факторам представляет собой не только фундаментальное, но и прикладное важное значение. А также, изучение микроорганизмов в симбиозе с высшими растениями, относящихся к различным таксономическим единицам в экосистеме считается новым подходом в изучении биологического разнообразия. Считают, что эндофиты обладают комплексной активностью фитогормонов. В России получено 37 новых препаратов из эндофитных грибов – симбионтов, выделенных из цветов, овощных культур, лекарственных растений.

Впервые в Узбекистане была проведена микробиологическая экспертиза некоторых пустынных растений южной части образовавшейся суши Аральского моря в Лаборатории геномики Института биоорганической химии АН РУз, совместно с сотрудниками Уникального объекта «Коллекция фитопатогенных микроорганизмов» Института генетики и экспериментальной биологии растений АН РУз с целью поиска высокоэффективных эндофитных микроорганизмов.

Для анализа были использованы образцы из корней, стеблей трех образцов растений без признаков болезни черного саксаула – *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, и двух видов тамарикса – *Tamarix hispida* Willd., *T. ramossisima* Ledeb., которые были собраны во время экспедиции (в апреле–мае, августе и в сентябре-октябре 2014 г).

В лабораторных условиях образцы растений были подготовлены в следующем порядке: промывка частей образцов под проточной водопроводной водой; поверхностная стерилизация; асептическая закладка на поверхность различных агаризированных сред в чашках Петри; их экспонирование в камере искусственного климата в оптимальных для развития и образования генеративных структур; микроскопирование со 2-го по 10-й дни инкубации; выделение чистых культур, их экспонирование; очистка от контаминантов; идентификация микроорганизмов (культур).

В результате анализа выделено 7 культур эндофитных грибов – симбионтов, потенциальных источников биологических стимуляторов роста нового поколения. Выявлены следующие виды микроорганизмов: *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire, *Trichoderma viride* Pers., *Ulocladium consortiale* (Thüm) E.G. Simmons, *Acremonium* sp., *Chaetomium* sp., *Stemphylium* sp., *Alternaria* spp. и др.

Необходим пересев культур на подобранные оптимальные среды для получения генеративных структур, дальнейшая очистка культур для видовой идентификации и таксономии.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРНЕВОЙ ГУБКИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕРЕБРЯНОБОРСКОГО ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Шишкина А.А., Колганихина Г.Б.
Институт лесоведения РАН, Успенское, Московская область
Российский центр защиты леса, Пушкино, Московская область

В лесах России одной из наиболее значимых с хозяйственной точки зрения болезней является корневая губка (возбудители – комплекс грибов рода *Heterobasidion*). Особенно большой вред она причиняет искусственным насаждениям сосны, вызывая очаговое поражение культур на больших площадях. Распространение корневой губки в географических культурах сосны изучалось на базе Института лесоведения Российской академии наук в Серебряноборском опытном лесничестве.

Исследуемые культуры были созданы в 1948 – 1950 гг. под руководством профессора Л.Ф. Правдина на площади 3 га. Они представлены пятью подвидами сосны (лапландская, обыкновенная, крючковатая, сибирская и кулундинская), семена которых собраны в 34 регионах бывшего СССР, входящих в 18 физи-

ко-географических районов, включая районы Европейского Севера, Центральную лесостепь, Северный Казахстан, Кавказ и Восточную Сибирь. Ранее в этих культурах изучались дифференциация стволов по диаметру и высоте, плодоношение и другие особенности насаждений. Учеты и наблюдения проводились в 1954, 1962–1964 гг., 1980–1981 гг., 1990–1991 гг. [1].

В современный период исследования ведутся сотрудниками Института лесоведения РАН под руководством д.с.-х.н. М.Д. Мерзленко. Оценка успешности этих культур в основном заключается в описании таких показателей, как запас древесины и некоторых внешних качественных признаков (например, прямизна ствола и сучковатость) [2]. Однако для комплексной оценки успешности выращивания климатипов представляется важным изучение их устойчивости к грибным заболеваниям, а также специфики распространения патогенов.

Фитопатологическое и санитарное состояние деревьев изучалось на 14 постоянных пробных площадях в сосновых насаждениях разного географического происхождения: Алтайский край (включает 224 дерева), Красноярский край (37), Саратовская (65), Смоленская (80), Орловская (60), Ярославская (55), Владимирская (100), Воронежская (33), Калужская (48), Архангельская (22), Вологодская (52), Кировская (43) и Ленинградская (67) области, Республика Бурятия (60). Всего было учтено 946 деревьев.

При оценке состояния каждого дерева определялись следующие показатели: категория состояния, густота кроны, наличие дехромации хвои, прирост; отбирались образцы пораженных частей растений. Результаты исследования показали, что состояние деревьев на разных пробных площадях различается (рис. 1).

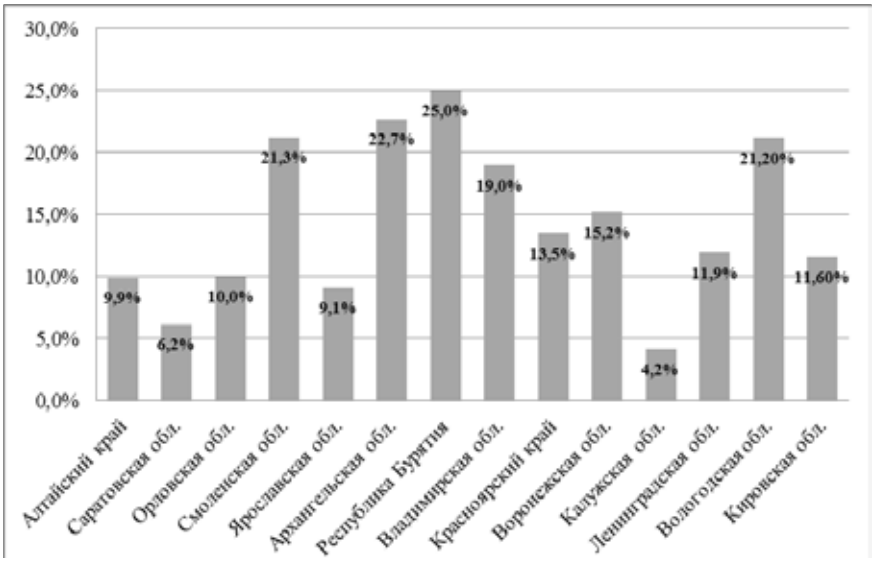


Рис. 1. Доля усыхающих и сухостойных деревьев на пробных площадях, %

Наилучшее состояние имеют посадки сосны происхождением из Калужской, Саратовской и Ярославской областей. На этих участках наблюдается наименьшее количество усыхающих и сухостойных деревьев (4,2; 6,2 и 9,1% соответственно). Наихудшее состояние имеют культуры сосны происхождением из Республики Бурятия, Архангельской, Смоленской, Вологодской и Владимирской областей, в которых практически четверть деревьев усыхающие и сухостойные.

Установлено, что наличие сухостойных и усыхающих деревьев на пробных площадях в основном связано с очагами корневой губки. Поэтому на данном этапе исследований особое внимание было уделено определению вида патогена и выявлению особенностей распространения болезни в сосновых культурах в зависимости от их происхождения.

Известно, что корневая губка представляет собой комплекс видов *Heterobasidion*. По данным К. Корхонена, в России встречаются два вида. На сосне и березе отмечен *H. annosum* (Fr.) Bref.; на ели – *H. parviporum* Niemelä & Korhonen [3]. Идентификация вида возбудителя, распространенного в исследуемых географических культурах, осуществлялась в генетической лаборатории ФБУ «Рослесозащита» по образцам гнилей, собранным в очагах корневой губки. Результаты ДНК-анализа показали, что возбудителем болезни сосны в Серебряноборском лесничестве является *H. annosum*.

При изучении распространения очагов болезни в географических культурах сосны установлено, что количество пораженных болезнью деревьев, как и их состояние, различается на разных пробных площадях. Наибольший вред от корневой губки наблюдается в сосновых насаждениях происхождением из Республики Бурятия, Алтайского края, Владимирской и Вологодской областей. На этих участках образовались «окна», включающие в себя в среднем 10–15 погибших деревьев (в том числе буреломных и ветровальных),

Рис. 2. Количество осадков по годам, мм

пораженных гнилью, вызванной корневой губкой. Плодовые тела *H. annosum* были отмечены в очагах в единичных случаях на старых сухостойных деревьях. Эти очаги болезни являются действующими, так как были обнаружены ослабленные, усыхающие и свежие сухостойные деревья на границах «окон».

Самое большое число деревьев, пораженных корневой губкой, отмечено в культурах происхождением из Республики Бурятия – здесь каждое четвертое дерево поражено болезнью, на долю свежего сухостоя и ветровала приходится 8 %. Для изучения динамики развития болезни за этим очагом, как и за очагами на других пробных площадях, необходимо вести дальнейшее наблюдение.

Отдельно на пробных площадях изучалось распространение корневой губки на валежной древесине (старый ветровал, бурелом, пни). Учеты показали, что встречаемость гнили на единицах субстрата, составляющих валежную древесину, колеблется на разных пробных площадях от 15 до 100 %. Это указывает на наличие значительного инфекционного фона, который может привести к дальнейшему распространению корневой губки в исследуемых культурах сосны.

Появлению и развитию болезни способствовало предварительное ослабление деревьев вследствие неблагоприятных почвенно-климатических условий. Исследуемые культуры создавались на старопахотных почвах, что, как известно, способствует развитию очагов корневой губки [4]. Также негативно на состоянии деревьев сказываются неблагоприятные погодные условия последних лет (перепады температур в зимний период; засушливые условия, сменяющиеся периодами с избыточным увлажнением в течение вегетационного периода) (рис. 2) [5].

Так, вследствие недостаточного количества осадков уже в начале августа 2014 г. наблюдалось заметное увядание растений, составляющих живой напочвенный покров, а также преждевременное опадение листьев подлеска. Нехватка влаги в верхних горизонтах почвы могла создавать дополнительные условия для ослабления деревьев и снижения их устойчивости к болезни.

Несмотря на многолетнее изучение, проблема борьбы с корневой губкой в сосновых насаждениях остается актуальной. Одним из способов борьбы с этим патогеном является использование грибов-антагонистов. По данным В.Г. Стороженко [6], при исследовании взаимоотношений между некоторыми дереворазрушающими грибами в чистых культурах активный антагонизм (полное подавление роста) к H. annosum проявляли следующие виды: *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden и *Tr. fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, *Phellinus weirii* (Murrill) Gilb. Считается, что разложение древесины сосны этими грибами делает невозможным последующее поселение *H. annosum* [4].

В исследуемых географических культурах были обнаружены следующие виды, проявляющие антагонистические свойства: *Fomitopsis pinicola, Trichaptum abietinum u Tr. fusco-violaceum*. В очагах корневой губки встречаемость этих грибов на старых сухостойных соснах составила от 9 до 50 %. В то же время на пробных площадях, где очаги отсутствовали, эти грибы или не отмечались, или встречались в редких случаях. Неоднозначные взаимоотношения этих видов с корневой губкой представляют практический интерес для изучения их роли в насаждениях.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что существует определенная связь между географическим происхождением сосновых культур и степенью распространения корневой губки. Для выявления других факторов, определяющих устойчивость сосновых культур к болезни, исследования будут продолжены.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущей научной школы Российской Федерации НШ-1858.2014.4.

Список литературы:

1. Савельева Л.И. Географические лесные культуры как объект охраны. Совещание «Леса Русской равнины», тезисы докладов. М.: ИНИОН РАН. 1993: 181-4.
2. Природа Серебряноборского лесничества в биогеоценотическом освещении. М.: «Наука». 1974: 392.
3. Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К. 2007: 192.
4. Негруцкий С.Ф. Корневая губка. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986: 196 с.
5. http:.rp5.ru/6550/ru [Электронный ресурс]. Архив погоды в с. Немчиновке, Московская область, Одинцовский район. 2004–2015 гг.
6. Стороженко В.Г. Взаимный рост в чистых культурах некоторых дереворазрушающих грибов. Соврем. микол. в России. 2002; 1: 208.

Для заметок

Национальная академия микологии
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ В РОССИИ

Current Mycology in Russia

Том 4
Выпуск 3.
Паразитизм и симбиоз

Volume 4
Issue 3.
Fungal parasitism and symbiosis

Глава 7.
Грибы – деструкторы

Chapter 7.
Fungal biodegradation
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.07

Глава 8.
Грибы – паразиты растений и животных

Chapter 8.
Fungal parasitism in plants and animals
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.08

Глава 9.
Лишайники

Chapter 9.
Lichenology
DOI: 10.14427/cmr.2015.iv.09

Содержание Выпуска 3

Глава 7. Грибы – деструкторы

КОЛОНИЗАЦИЯ ГРИБАМИ РОДА *ASPERGILLUS* ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНОСТРУКТУРНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ
Арашкова А.А., Гончарова И.А., Костеневич А.А., Поболь И.Л., Дениженко А.Г. Мочайло Е.В., Кохнюк В.Н. 279

УТИЛИЗАЦИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИМИ ГРИБАМИ, ВЫЗЫВАЮЩИМИ БЕЛУЮ И БУРУЮ ГНИЛЬ ДРЕВЕСИНЫ
Бойко М.И., Древаль К.Г., Чемерис О.В. 281

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ГЛУБИННЫХ КУЛЬТУР КСИЛОТРОФОВ
Чайка А.В., Файнерман В.Б. 284

ВИДОВОЙ СОСТАВ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ ЛИСТВЕННЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В БЕЛАРУСИ
Дишук Н.Г. 286

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА БИОСТИМУЛЯЦИИ НА КОМПЛЕКС МИКРОМИЦЕТОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗА ГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ
Григориади А.С. 288

ВЛАЖНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ КАК ВАЖНЫЙ АСПЕКТ ЕЁ КОЛОНИЗАЦИИ ДЕРЕВООБИТАЮЩИМИ ГРИБАМИ
Казарцев И.А., Кузнецов А.А. 289

ВЫЯВЛЕНИЕ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ РУКОПИСНОГО ФОНДА МАТЕНАДАРАНА АРМЕНИИ И ИХ КОНСЕРВАЦИЯ БИОЦИДАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
Пароникян А.Е., Нанагюлян С.Г., Элиазян Г.А. 291

БИОРАЗРУШЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИЭТИЛЕН – ПОЛИГИДРОКСИБУТИРАТ МИКРОМИЦЕТАМИ ПОЧВЫ
Подзорова М.В., Тертышная Ю.В., Пантюхов П.В., Попов А.А. 294

ЭКСТРЕМАЛЬНО КСЕРОФИЛЬНЫЕ ГРИБЫ, ОБНАРУЖЕННЫЕ В МУЗЕЙНЫХ ФОНДАХ
Ребрикова Н.Л., Понизовская В.Б. 298

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКОБИОТЫ НА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И ПОВЕРХНОСТЯХ ПОМЕЩЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
Смирнов А.Н., Кузнецов С.А., Зайцев Д.В. 300

ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА «ТЕФЛЕКС» НА ЭКЗООКСИДОРЕДУКТАЗЫ ГРИБОВ–ДЕСТРУКТОРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ
Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н., Захарова Е.А., Аникина Н.А., Зотов К.А., Ерофеев В.Т. 301

СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ СВЕТОПРИНИЦАЕМОЙ ЭТИЛЕН-ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ
Суббота А.Г., Чуенко А.И., Гринберг М.Л. Остапюк С.Н., Наконечная Л.Т., Письменная Ю.Б. 302

ГРИБЫ-ДЕСТРУКТОРЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ 16–17 ВВ. Г. СВИЯЖСКА (ТАТАРСТАН, РОССИЯ)
Тухбатова Р.И., Храмченкова Р.Х. 305

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА БИОСИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ МИЦЕЛИАЛЬНОГО ГРИБА *TRICHODERMA HARZIANUM* 1
Умаров Б.Р. 306

ЦЕЛЛЮЛАЗНАЯ И КСИЛАНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ И ПОЧВЕННЫХ ШТАММОВ *PENICILLIUM FUNICULOSUM THOM*
Юрьева Е.М., Сырчин С.А., Харкевич Е.С., Павличенко А.К., Курченко И.Н. 308

Глава 8. Грибы – паразиты растений и животных

ОБ ИНТЕРЕСНОМ ФЕНОМЕНЕ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОИСКА И ПЕРЕНОСА КОНИДИЙ НЕКОТОРЫХ ЭНТОМОПАРАЗИТИЧЕСКИХ АНАМОРФНЫХ АСКОМИЦЕТОВ ЛИЧИНКАМИ ЗЛАТОГЛАЗКИ *PSEUDOMALLADA PRASINUS*
Борисов Б.А. 311

АНТИБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СВЯЗЬ С МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРИРОДНЫХ ИЗОЛЯТОВ ГРИБОВ РОДА *LECANICILLIUM*
Чоглокова А.А., Первушин А. Л., Митина Г.В. 312

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНГИЦИДНЫХ СВОЙСТВ СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОСБОРА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АСКОСФЕРОЗА У ПЧЕЛ
Фархутдинов Р.Г., Шафикова В.М. 315

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СМЕЛЯНСКОЙ ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
Гамалея В.Н., Рудая С.П. 317

ЭНТОМОПАТОГЕННЫЕ ГРИБЫ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКИ (EURYGASTER INTEGRICEPS PUT., HEMIPTERA: INSECTA) В УЗБЕКИСТАНЕ
Халиллаев Ш.А. 319

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РЖАВЧИННОГО ГРИБА *COLEOSPORIUM TUSSILAGINIS* (PERS.) KLEB. С ЛИЧИНКАМИ ГАЛЛИЦ-МИЦЕТОФАГОВ *MYCODIPLOSIS PUCCINIAE* (PRITCHARD, 1948)
Малеева Ю.В., Головачев Я.А., Шилович А.А., Ивницкий С. 320

МИКРОСПОРИДИИ В ПОПУЛЯЦИЯХ СТЕБЛЕВЫХ МОТЫЛЬКОВ РОДА OSTRINIA
Малыш Ю.М., Токарев Ю.С., Конончук А.Г., Грушевая И.В., Фролов А.Н. 323

МУЛЬТИЛОКУСНОЕ ГЕНОТИПИРОВАНИЕ ШТАММОВ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ РОДА *LECANICILLIUM* (=*VERTICILLIUM LECANII* s.l.)
Митина Г.В, Токарев Ю.С., Первушин А.Л.,Чоглокова А.А. 324

МИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПЧЕЛОВОДСТВА
Осинцева Л.А. 326

Глава 9. Лишайники

УГОЛ НАКЛОНА ПОВЕРХНОСТИ СТВОЛА КАК ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЯ ЛИШАЙНИКОВ НА ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ КАРЕЛИИ
Андросова В.И., Горшков В.В., Капитонихина О.В., Тарасова В.Н. 327

УЧАСТИЕ ЛИШАЙНИКОВ В ФОРМИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ КОРОК
Бязров Л.Г. 330

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ТЕРРИТОРИЙ ДВУХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ МОСКВЫ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЕВИЩАХ ЛИШАЙНИКА *XANTHORIA PARIETINA*
Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. 332

ОБ АККУМУЛИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ВЕГЕТАТИВНОГО ТЕЛА И ПЛОДОВЫХ ОРГАНОВ (АПОТЕЦИЕВ) ЛИХЕНИЗИРОВАННОГО ГРИБА *XANTHORIA PARIETINA*
Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. 334

ЛИХЕНОБИОТА ВИЛЮЙСКИХ ТУКУЛАНОВ (ЯКУТИЯ)
Галанина И.А. 336

О ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА ЯРГУ «УЛЕЙМА» (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Кондакова Г.В. 338

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЛИШАЙНИКАМИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВОВАНИЯ
Лянгузова И.В., Катаева М.Н., Беляева А.И. 339

К ИЗУЧЕНИЮ ЛИХЕНОБИОТЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ПРОНЯ (РЯЗАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Мучник Е.Э., Конорева Л.А., Казакова М.В., Волоснова Л.Ф. 342

ЛИШАЙНИКИ РОДА ASPICILIA S.L. С НОРСТИКТОВОЙ КИСЛОТОЙ В РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ
Пауков А.Г. 343

ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МУЗЕЕ-ЗАПОВЕДНИКЕ «КОЛОМЕНСКОЕ»
Пчелкин А.В., Пчелкина Т.А. 345

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ НА ОСТРОВАХ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ЯПОНСКОГО МОРЯ)
Родникова И.М. 347

ЛИШАЙНИКИ В КРАСНЫХ КНИГАХ УЛЬЯНОВСКОЙ И САМАРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ
Шустов М.В. 348

ПРЕДЛОЖЕНИЯ В КРАСНУЮ КНИГУ РОССИИ: ЛИШАЙНИКИ *LASALLIA PENSYLVANICA* (HOFFM.) LLANO, *LECANORA CRUSTACEA* (SAVICZ) ZAHLBR. И *ASPICILIA TRANSBAICALICA* OXNER
Шустов М.В. 350

НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ *GRAPHIS CERVINA* (GRAPHIDACEAE) НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)
Скирина И.Ф., Скирин Ф.В., П.С. Дмитренок

ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРЫ ЛИПЫ АМУРСКОЙ (ЮЖНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)
Скирин Ф.В., Скирина И.Ф. 353

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ЭПИЛИТНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ЛИШАЙНИКОВ
Сонина А.В. 355

АНАЛИЗ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ПОПУЛЯЦИЙ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ
Суетина Ю.Г. 357

ЭПИГЕЙНЫЕ ЛИШАЙНИКИ БОЛОТ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НУМТО» (ХМАРО-ЮГРА)
Толпышева Т.Ю., Шишконакова Е.А., Аветов Н.А. 358

XANTHOPARMELIA PULVINARIS (GYELN.) AHTI & D. HAWKSW. – СТЕПНОЙ ЛИШАЙНИК, РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В КРАСНУЮ КНИГУ РФ
Вондракова (Меркулова) О.С., Давыдов Е.А. 360

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИХЕНОФИЛЬНОЙ МИКОБИОТЫ КАВКАЗА: НОВЫЕ ВИДЫ
Журбенко М.П., Кобзева А.А., Кияшко А.А., Грабенко Е.А. 361

Глава 7.
Грибы – биодеструкторы

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.07

КОЛОНИЗАЦИЯ ГРИБАМИ РОДА *ASPERGILLUS* ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНОСТРУКТУРНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ

Арашкова А.А.[1], Гончарова И.А.[1], Костеневич А.А.[1], Поболь И.Л.[2], Дениженко А.Г.[2], Мочайло Е.В.[2], Кохнюк В.Н.[2]

[1]Институт микробиологии НАНБ, Минск

[2]Физико-технический институт НАНБ, Минск

Современные разработки по нанотехнологиям позволяют создавать высокотехнологичные составы, которые при нанесении на различные текстильные материалы формируют их новые эксплуатационные свойства и расширить функциональность. В соответствии с назначением текстильных материалов определяются модифицирующие компоненты, которые будут использоваться для придания текстилю тех или иных свойств. Наиболее пригодными для получения на текстильных материалах наноразмерных вакуумно-плазменных покрытий являются текстильные изделия, состоящие из синтетических волокон, а также из их сочетания с натуральными волокнами [1].

Металлизированные текстильные материалы могут приобрести не только прекрасные декоративные свойства, но и стать экранирующими и радиомаскирующими, свето- и теплоотражающими, а также антистатическими. Наночастицы многих металлов проявляют выраженную биологическую активность [2, 3]. Грибы рода *Aspergillus* входят в число широко распространенных агентов биоповреждения различных текстильных материалов [4]. В то же время антифунгальные свойства наноструктурных металлических покрытий по отношению к грибам рода *Aspergillus* изучены в недостаточной мере.

Цель исследований – изучение влияния на колонизацию грибами рода *Aspergillus* текстильных материалов с наноструктурным металлическим покрытием.

Материалы и методы. Наноструктурное покрытие на текстильные материалы (вискоза, полиамид-полиэфир, полиэфир, полиамид) наносили с помощью вакуумно-плазменной дуговой установки УВНИПА-1-001. Определение удельного поверхностного электрического сопротивления текстильных материалов проводили на приборе ИЭСТП–2.

Для изучения колонизации мицелиальными грибами текстильных материалов с нанопокрытием на поверхность материала помещали 3-суточные пеллеты, полученные при глубинном культивировании на среде Чапека-Докса. Колонизирующую способность грибов оценивали через 10 сут по интенсивности роста мицелия и спороношения (от активного до слабого). За фунгицидный эффект считали полное ингибирование развития пеллет на материале и отсутствие жизнеспособности после перемещения на питательную среду. В качестве тест-культур использовали грибы *Aspergillus niger* и *A. versicolor*.

Результаты и обсуждение. После инокуляции пеллетами текстильных материалов с наноструктурным покрытием из серебра наблюдалось полное отсутствие роста мицелия и спороношения культур *A. niger* и *A. versicolor*. При перенесении пеллет на питательную среду отмечались лишь единичные случаи метаболической активности пеллет *A. niger*, что свидетельствовало о наличии фунгистатического действия серебряного нанопокрытия.

Характер развития пеллет *A. niger* и *A.versicolor* на наноструктурном медном покрытии, нанесенном на те же текстильные материалы, варьировал в зависимости от типа ткани и видовой принадлежности микромицетов. Пеллеты *A. niger* обладали умеренным ростом мицелия и давали спороношение на вискозном полотне с нанопокрытием. На полиамидной ткани активный рост мицелия не наблюдался, но вокруг пеллеты нанопокрытие полностью или частично исчезало, обнажив ткань, а сама пеллета насыщалась сорбированными частицами меди. Область просветления вокруг пеллеты доходила до 20–25 мм (размер пеллет 1,5–2,0 мм).

Подобный эффект сорбции наночастиц меди мицелием *A. niger* присутствовал и на полиэфирной ткани, но в сочетании с интенсивным спорообразованием на поверхности пеллеты. Наличие спороношения в отсутствие роста мицелия также отмечалось на полиамид-полиэфирной ткани, что в условиях эксплуатации ткани является серьезной угрозой для здоровья (табл. 1).

Пеллеты *A. versicolor* характеризовались слабой колонизирующей активностью в отношении текстильных материалов с наноструктурным покрытием из меди. Фунгицидный эффект наблюдался при нанесении наночастиц меди на полиэфирную и полиамидную ткани. Вискозное и полиамид-полиэфирное полотна после модификации поверхности становились более устойчивыми к колонизации *A. versicolor*, однако полного подавления жизнеспособности гриба не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 1. *Р*азвитие пеллет *A. niger* на текстильных материалах с наноструктурным медным покрытием и без него

Материал	Вариант	Состояние пеллеты	Внешний вид покрытия
Вискоза	контроль	Умеренное спороношение Активный рост мицелия	–
	с покрытием	Умеренное спороношение Умеренный рост мицелия	Изменение окраски вокруг пеллеты
Полиамид-полиэфир	контроль	Умеренное спороношение Слабый рост мицелия	–
	с покрытием	Умеренное спороношение Рост мицелия отсутствует	Отсутствие видимых изменений
Полиэфир	контроль	Умеренное спороношение Умеренный рост мицелия	–
	с покрытием	Интенсивное спороношение Рост мицелия отсутствует	Отсутствие покрытия вокруг пеллеты
Полиамид	контроль	Отсутствие спороношения Активный рост мицелия	–
	с покрытием	Спороношение отсутствует Рост мицелия отсутствует	Отсутствие покрытия вокруг пеллеты

Таблица 2 *Р*азвитие пеллет *A. versicolor* на текстильных материалах с наноструктурным медным покрытием и без него.

Материал	Вариант	Состояние пеллеты	Внешний вид покрытия
Вискоза	контроль	Умеренное спороношение Активный рост мицелия	–
	с покрытием	Слабое спороношение Слабый рост мицелия	Изменение окраски вокруг пеллеты
Полиамид-полиэфир	контроль	Слабое спороношение Слабый рост мицелия	–
	с покрытием	Слабое спороношение Рост мицелия отсутствует	Отсутствие видимых изменений
Полиэфир	контроль	Умеренное спороношение Умеренный рост мицелия	–
	с покрытием	Спороношение отсутствует Рост мицелия отсутствует	Отсутствие видимых изменений
Полиамид	контроль	Слабое спороношение Слабый рост мицелия	–
	с покрытием	Спороношение отсутствует Рост мицелия отсутствует	Отсутствие видимых изменений

Таблица 3. Удельное поверхностное электрическое сопротивление текстильных материалов с медным нанопокрытием и без него.

Материал	Удельное поверхностное электрическое сопротивление текстиля, Ом м	
	без покрытия	с покрытием
Вискоза	$2{,}50 \cdot 10^{11}$	$2{,}97 \cdot 10^{10}$
Полиамид-полиэфир	$2{,}60 \cdot 10^{5}$	$7{,}20 \cdot 10^{3}$
Полиэфир	$3{,}43 \cdot 10^{10}$	$3{,}16 \cdot 10^{4}$
Полиамид	$1{,}38 \cdot 10^{14}$	$2{,}17 \cdot 10^{4}$

Повышение биостойкости модифицированных чистых и смешанных полиэфирных и полиамидных волокон возможно вызвано значительным снижением удельного поверхностного электрического сопротивления текстиля после нанесения медного нанопокрытия в сравнении с обычной тканью (табл. 3).

Придание текстильным материалам гидрофильных свойств, вероятно, стало причиной более быстрой потери влаги пеллетами, ингибирования роста *A. niger* и *A. versicolor*, а в некоторых случаях – усиления спороношения.

При эксплуатации тканей во влажных условиях необходимо учитывать, что текстильные материалы с наноструктурным металлическим покрытием, подверженные колонизации грибами рода *Aspergillus*, могут не только утратить свою функциональность, но и стать источником микологической опасности. Полученные результаты подтверждают необходимость предварительного микологического испытания текстильных материалов с нанопокрытием в модельных условиях.

Список литературы

1. Joshi M, Bhattacharyya A. Nanotechnology: a new route to high performance and functional textiles. Textile Progress. 2011; 43(3): 155-233.
2. Dastjerdi R, Montazer M. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: focus on anti-microbial properties. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2010;79: 5-18.
3. Ouda SM. Antifungal activity of silver and copper nanoparticles on two plant pathogens, Alternaria alternarnata and Botrytis cinerea. Res J Microbiol. 2014; 9(1): 34-42.
4. Szostak-Kotowa J. Biodeterioration of textiles. International Biodeterioration & Biodegradation. 2004; 53004: 165-170.

УТИЛИЗАЦИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИМИ ГРИБАМИ, ВЫЗЫВАЮЩИМИ БЕЛУЮ И БУРУЮ ГНИЛЬ ДРЕВЕСИНЫ

Бойко М.И., Древаль К.Г., Чемерис О.В.
Донецкий национальный университет

В последнее время в научной литературе отмечается неуклонный рост загрязнения биосферы разнообразными веществами ароматической природы (галоароматические пестициды, полициклические соединения, хлорированные бифенолы и др.). К этой группе относится также лигнин. При производстве бумаги из размельченной древесины предварительно из нее удаляют лигнин, превратив его в водорастворимые продукты Полученный таким образом экстрагированный лигнин рассматривается как отход. Однако лигносульфоната накопилось столько, что он стал серьезным источником загрязнения окружающей среды (Рабинович, Болобова, Васильченко, 2004).

В этой связи большое внимание уделялось изучению ферментов целлюлозолитического комплекса у микроскопических грибов *Myrothecium verrucaria* (Феникcова и др., 1965; и др.). Позже было установлено, что высшие базидиальные грибы также имеют активные ферментные системы для деструкции ароматических соединений (Мельничук, Колеснева, Даниляк, 1978; Белова, Шамолина, 2013; и др.).Учитывая то, что одни дереворазрушающие грибы для своего роста и развития в большей мере используют целлюлозу, а другие – лигнин, в наших экспериментах были взяты такие грибы для выяснения степени утилизации лигносульфоната и разработать способ количественного учета использования ими этого ксенобиотика.

Объектами наших исследований являлись грибы *Irpex lacteus* Дор-07, Trametes hirsuta Ч-07, Auricularia auricula-judae А-1, Stereum hirsutum АЛ-07, вызывающие белую гниль и штамм Н.а.-6-95 гриба *Heterobasidion annosum*, вызывающего бурую гниль древесины (Рипачек, 1967; James J. Worrell et al., 1997).

Грибы культивировали на глюкозо-пептонной среде, являющейся контрольным вариантом и на питательной среде, в которой глюкоза заменялась на лигносульфонат технический в концентрации 0,6%, являющейся оптимальной для роста грибов (Терещенко, Мищенко, Бойко, 2007). Грибы, вызывающие белую гниль древесины, выращивали при температурах 28–30 ^{0}С, а вызывающие бурую гниль – при 22–24 ^{0}С (Бойко, 1979), являющихся оптимальными для роста указанных грибов. Грибы культивировали в течение 15 сут.

Регистрацию накопления биомассы, содержание лигносульфоната в питательной среде и активность пероксидазы осуществляли через каждые 5 сут роста исследуемых грибов. Для количественного определения содержания лигносульфоната в питательной среде предварительно построена калибровочная кривая по различным концентрациям лигносульфоната при взаимодействии с реактивом Фолина в результате развивалась синяя окраска различной оптической плотности, зарегистрированной на КФК-2-УХЛ-4.2 за красным светофильтром, используя кювету с толщиной слоя 5 мм. Активность пероксидазы определяли по интенсивности окраски продукта, образованного при окислении о-дианизидина пероксидазой и перекисью водорода (Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др., 1982).

Результаты, характеризующие накопления сухого вещества исследуемыми грибами, произраставшими на питательных средах с лигносульфонатом (0,6%),

Таблица 1 Степень утилизации лигносульфоната дереворазрушающими грибами, вызывающими белую и бурую гниль древесины, в процессе роста

Вид гриба, штамм	Поглощение лигносульфоната (мг/мл среды) грибами на					
	5-е сутки		10-е сутки		15-е сутки	
	Остаток ЛС M ± м	Поглощено ЛС M ± м	Остаток ЛС M ± м	Поглощено ЛС M ± м	Остаток ЛС M ± м	Поглощено ЛС M ± м
T. hirsuna Ч-07	5,2 ± 0,2	0,8 ± 0,2	4,4 ± 0,3	1,6 ± 0,3	3,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1
I. lacteus Дор-07	5,1 ± 0,1	0,9 ± 0,1	4,3 ± 0,2	1,7 ± 0,2	3,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1
A.auricula-Judae А-1	4,3 ± 0,2	1,7 ± 0,2	3,2 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1
S. hirsutum АЛ-07	4,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	3,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,9 ± 0,3	3,1 ± 0,3
H. annosum Н.а.-6-96	4,2 ± 0,1	1,8 ± 0,1	3,9 ± 0,2	2,1 ± 0,2	3,8 ± 0,2	2,2 ± 0,2

Примечание: ЛС – лигносульфонат

свидетельствуют, что наибольшее количество биомассы на контрольной глюкозо-пептонной среде за 5 сут роста накопили *A. auricula-judae* А-1 (113,1±9,93 мг/50 мл среды), *I. lacteus* Дор-07 (77,1±2,88 мг) и S. hirsutum АЛ-07 (71,9±7,09 мг). Наименьшее количество биомассы обнаружено у *H. annosum* (16,7±1,08 мг) и *T. hirsuta* (45,5±5,10 мг). На средах с лигносульфонатом на 5-е сутки роста у *T. hirsuta, I. lactes, A. auricula-judae* не обнаружено ни ингибирующего, ни стимулирующего влияния ксенобиотика.

В свою очередь, на среде с лигносульфонатом у *H. annosum* Н.а.-6-96 выявлено стимулирующее действие (23,1±1,9 мг/50 мл). На 10-е сутки культивирования обнаружено достоверное стимулирование лигносульфонатом ростовых процессов у грибов *T. hirsuta, I. lacteus, A. auricula-judae* и *S. hirsutum*. На 15-е сутки культивирования стимулирующий эффект лигносульфоната обнаружен только для гриба *A. auricula-judae* (531,6±9,8 мг против 419,0±12,2 мг/50 мг – контроль). У остальных грибов образование сухого вещества мицелия было на уровне контрольных вариантов.

Увеличение накопления биомассы у большинства грибов на средах с лигносульфонатом на 10-е сутки культивирования, возможно, связано с прохождением ими адаптации к ксенобиотику. В результате первых 5-ти суток роста у грибов синтезировались ферментные системы, которые использовались для утилизации лигносульфоната в последующие сутки роста, а у гриба-патогена *H. annosum* Н.а.-6-96 этот процесс прошел быстрее, за 3–4 сут. В этой связи представляется необходимым изучить скорость поглощения лигносульфоната из питательных сред исследуемыми грибами. Полученные результаты, характеризующие степень утилизации лигносульфоната дереворазрушающими грибами, представлены в табл. 1.

Материалы табл. 1 свидетельствуют о том, что поглощение лигносульфоната из питательной среды грибами осуществлялось с различной скоростью. Следует отметить, что исходное содержание лигносульфоната составляло 6 мг/мл питательной среды. Наименьший остаток лигносульфоната в среде обнаружен на 5-е сут культивирования *S. hirsutum*, который достоверно не отличается от остатков ЛС, содержащихся в средах культивирования *A. auricular-judae* и *H. annosum*. Этими же грибами, вызывающими белую и бурую гниль древесины, поглощено из среды наибольшее количество лигносульфоната. Достоверно меньшее количество ксенобиотика поглощено грибами *T. hirsuta* и *I. lacteus*, вызывающими белую гниль.

На 10-е сутки роста более активно утилизировали лигносульфонат *A. auricula-judae* Ч-07, *S. hirsutum* АЛ-07 и *H. annosum* Н.а.-6-96. Меньше 2 мг лигносульфоната с 1 мл питательной среды поглощали *T. hirsute* и *I. lacteus.*

Наибольшее количество лигносульфоната на 15-е сутки поглощали *S. hirsutum* АЛ-07 (3,1 мг) и *A. auricular-judae* А-1 3,0 мг/мл питательной среды.

Таким образом, за 15 суток роста Stereum hirsutum АЛ-07 использовал 51,6 % лигносульфоната, находящегося в питательной среде, *Auricularia auricula-judae* А-1 – 50,0 %, *Irpex lacteus* Дор-07–38,8%, *Trametes hirsute* Ч-07 и *Heterobasidion annosum* Н.а.-6-96 – 36,2%.

Известно, что в разрушении лигнина принимают участие различные пероксидазы. В этой связи нами проведены исследования по определению активности пероксидазы в культуральных фильтратах исследуемых грибов. Полученные результаты представлены в табл. 2. Материалы таблицы показывают, что в 5-суточной культуральной жидкости *S. hirsutum* определена наивысшая активность пероксидазы по сравнению с другими грибами. Однако повышение активности пероксидазы на среде с лигнинсульфатом не являлась достоверно выше, чем в контрольном варианте. Не обнаружено достоверного отличия в активности

Таблица 2 Влияние лигносульфоната на активность пероксидазы культуральных фильтратов дереворазрушающих грибов.

Вид гриба, штамм	Количество превращенной H_2O_2 (мкмоль за 5 мин) пероксидазой КФ дереворазрушающих грибов на					
	5-е сутки		10-е сутки		15-е сутки	
	Контроль M ± м	ЛС M ± м	Контроль M ± м	ЛС M ± м	Контроль M ± м	ЛС M ± м
T. hirsuta Ч-07	15,2 ± 1,7	98,9 ± 2,3	31,9 ± 1,5	117,0 ± 6,3	12,8 ± 1,4	25,7 ± 1,2
I. lacteus Дор-07	12,5 ± 1,6	21,9 ± 2,4	22,4 ± 3,7	5,7 ± 1,0	24,9 ± 1,6	39,9 ± 3,4
A. auricula-Judae А-1	6,3 ± 0,9	4,7 ± 0,9	27,1 ± 2,1	27,6 ± 1,4	21,4 ± 2,8	21,3 ± 1,0
S. hirsutum АЛ-07	114,6 ± 6,9	125,0 ± 4,5	251,0 ± 5,4	359,0 ± 4,5	320,0 ± 4,9	331,0 ± 1,9
H. annosum Н.а.-6-96	8,8 ± 1,03	6,8 ± 0,5	26,7 ± 2,37	40,8 ± 0,9	38,8 ± 4,9	47,2 ± 0,5

пероксидазы и в культуральных фильтратах грибов *A. auricular-judae и H. annosum*, произраставших на среде с лигносульфонатом и контрольными вариантами. Достоверно повышает активность пероксидазы лигносульфонат в культуральных фильтратах грибов T. hirsuta и I. lacteus.

В 10-суточном возрасте у грибов *T. hirsuta, H. annosum и S. hirsutum*, произраставших на среде с лигносульфонатом, определено достоверное повышение активности фермента, а в культуральном фильтрате *A. auricula-judae* активность пероксидазы находилась на уровне контрольного варианта.

В 15-суточном возрасте грибов *T. hirsute, I. lacteus* и *H. annosum* лигносульфонат вызывал повышение активности экзопероксидазы. Активность этого фермента в культуральном фильтрате грибов *A. auricula-judae и S. hirsutum* опытных и контрольных вариантов не отличалась.

Таким образом, полученные результаты показывают, что лигносульфонат вызывает у *T. hirsutum, I. lacteus, H. annosum и S. hirsutum*, за исключением *A. auricula-judae*, повышение активности внеклеточных пероксидаз, которые принимают участие в биодеструкции лигносульфоната. У гриба *Auricularia auricula-judae* эту функцию, возможно, выполняют другие белки с пероксидазной функцией, что требует дальнейших исследований.

Из исследованных дереворазрушающих грибов наиболее активно использовали лигносульфонат – *Stereum hirsutum* АЛ-07 и A*uricularia auricula-judae* А-1 и могут представлять практический интерес в экологии.

Список литературы

1. Фениксова Р.В., Родионова Н.А. и др.. Изучение целлюлолитических ферментов Myrothecium verrucaria. ДАН СССЗ. 1965; 162(3): 702-4.
2. Мельничук Г.Г., Колеснева Г.В., Даниляк М.І. Динамика активности целюлаз (р-1,4-глюкан-4-глюканогидролаз) різних штаммів Coriolus versicolor (L. ex Fr.) Quel., Coniophora cerebella (Fr.) Karst. Укр. ботан. журн. 1978; 35(6): 629-33.
3. Белова Н.В., Шамолина И.И. Некоторые перспективные направления биотехнологии базидиомицетов. Микол. фитопатол. 2013; 47(2): 73-82.
4. Рабинович М.Л., Болобова А.В., Васильченко Л.Г. Разложение природных ароматических структур и ксенобиотиков грибами (обзор). Прикл. биохим. микробиол. 2004; 40: 5-23.
5. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Изд-во «Лесная пром-сть». 1967: 275 с.
6. Worrell JJ, Anagnost SF, Zabel RA. Comporison of wood decay among diverse lignicolous fungi. Mycologia. 1997; 89(2): 199-219.
7. Бойко М.И. Влияние температуры и кислотности среды на рост штаммов гриба Fomitopsis annosa (Fr.) Karst. Микол. фитопатол. 1979; 13(2): 141-46.
8. Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Киев: Наукова думка, 1982: 550 с.

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ГЛУБИННЫХ КУЛЬТУР КСИЛОТРОФОВ

Чайка А.В.[1], Файнерман В.Б.[2]
[1]Донецкий национальный университет
[2]Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького. ДНР

В настоящее время интерес к поверхностно-активным веществам (ПАВ) биологического происхождения значительно возрос благодаря тому, что по способности к эмульгированию они не уступают синтетическим ПАВ, но в отличие от последних, обладают рядом преимуществ. Они биодеградабельны, не токсичны, устойчивы в широком диапазоне температур, pH и солености среды, их можно получать из возобновляемых источников благодаря микробной ферментации [1, 2]. Использование биоПАВ возможно в нефтедобывающей и горнодобывающей, фармацевтической, химической и пищевой отраслях промышленности, сельском хозяйстве, биотехнологии и экологии [1, 3, 4].

Дереворазрушающие базидиомицеты рассматриваются как потенциальные продуценты разнообразных веществ, в том числе и ПАВ. Для получения ряда ценных грибных биологически-активных веществ наиболее перспективной считается технология глубинного культивирования [5], которая обеспечивает одинаковые полностью контролируемые условия, способствующие максимальному росту мицелия и накоплению продуктов метаболизма. В результате можно получать однородную стандартизированную продукцию высокого качества с заданными свойствами, что гарантирует ее эффективность и безопасность [5, 6, 7].

В состав жидких питательных сред могут входить разнообразные ПАВ, которые способны адсорбироваться на жидких границах раздела фаз и изменять поверхностное (межфазное) натяжение (ПН). Считается [8, 9], что величина ПН жидкости, где развивается глубинная культура гриба, является чрезвычайно важной характеристикой и влияет на важнейшие процессы жизнедеятельности культуры, в частности, на питание, развитие и размножение. Во время роста грибы поглощают питательные компоненты среды и выделяют различные экзометаболиты, изменяя тем самым состав, количество и соотношение различных компонентов, в т. ч. ПАВ. Кроме того, для обеспечения оптимальных параметров среды, они могут изменять ПН культуральной жидкости благодаря образованию ПАВ: белков (гидрофобинов), экзополисахаридов, жирных кислот и т.д. [9–11]. Однако ксилотрофные базидиомицеты, как показывает литературный поиск, остаются практически неизученными в области тензиометрии.

Цель исследования – изучение поверхностного натяжения культуральной жидкости глубинных культур ксилотрофов и поиск потенциальных штаммов-продуцентов ПАВ.

Материалы и методы – культуральная жидкость 63 штаммов 19 видов ксилотрофов из коллекции культур базидиомицетов кафедры физиологии растений ДонНУ. Среди исследованных штаммов, 44 относятся к порядку Agaricales: *Agrocybe cylindracea* (DC.) Maire – 167, 218, 960, *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler – Le-2, Le-340, Le-4, Le-6, Le-7, *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer – F-03, F-06, F-073, F-1, F-102, F-104, F-107, F-112, F-2, F-202, F-204, F-610, F-vv, F-10, F-11, F-1105, *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With. – Fh-08, Fh-09, Fh-18, *Schizophyllum commune* Fr. – Sc-10 Sc-1102 Sc-1104, *Pleurotus citrinopileatus* Singer – P-citr, *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél. – P-er, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. – D-140, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-94, P-107, P-210, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. – AX, MS-3; а 19 – к порядку Polyporales: *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. – Gl-1, Gl-2, Gl-3, Gl-B-99, Gl-11, *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – IL-4K, IL-1, IL-1201, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. – Ff-09, T-10, Ff-1201, *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd – Th-11, *Trametes ochracea* (Pers.) Gilb. & Ryvarden – To, *Trametes trogii* Berk. – Tt-11, Trichaptum biforme (Fr.) Ryvarden – Tb-11, *Daedalea quercina* (L.) Pers. – Dq-08, Grifola frondosa (Dicks.) Gray – Gf-01, *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill – Ls-08, Ls-09. Большинство штаммов (78%) было выделено в чистую культуру из дикорастущих базидиом [12], собранных в различных районах г. Донецка и области.

Штаммы культивировали глубинным методом на лабораторной качалке на глюкозо-пептонной среде (ГПС) следующего состава (г / л): пептон – 3,0; глюкоза – 10,0; KH_2PO_4 – 0,6; K_2HPO_4 – 0,4; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,5; $CaCl_2$ – 0,05; $ZnSO_4 \times 7H_2O$ – 0,001. pH среды после стерилизации составляет 6,62±0,06. Культивирование штаммов осуществляли в течение 6 суток при температуре 25±1 °С. Срок культивирования штаммов *G. frondosa* Gf-01, *L. sulphureus* Ls-08 и Ls-09 был удвоен из-за очень низкой скорости роста мицелия.

В конце культивирования мицелий отделяли от культуральной жидкости с помощью плотной капроновой ткани, получая, таким образом, фильтрат культуральной жидкости (КФ).

Для определения равновесного поверхностного натяжения (σ_4) фильтрата культуральной жидкости ксилотрофов был модифицирован метод анализа формы осесимметричных висящих капель при помощи тензиореометра PAT-2 (SINTERFACE, Германия) [13, 14].

Исследования проводились в трехкратной повторности. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с использованием Microsoft Excel и пакета программ для проведения статистической обработки результатов биологических экспериментов [15].

Результаты исследования. Во время культивирования на ГПС исследуемые штаммы образовывали пеллеты – стабильные более или менее плотные сферические агрегаты, состоящие из разветвленных

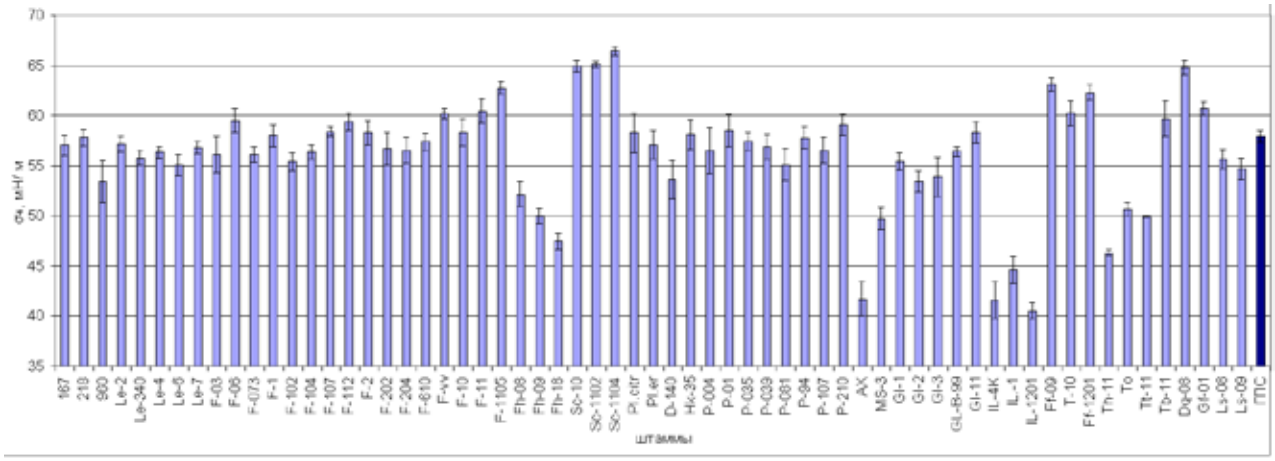


Рисунок 1. Равновесное поверхностное натяжение КФ исследуемых штаммов в сравнении с исходной ГПС.

переплетенных гиф. Размеры и структура пеллет различались у разных культур. После отделения мицелиальных образований, КФ штаммов подвергали тензиореометрическим тестам. Результаты исследования равновесного поверхностного натяжения (σ_4) КФ представлены на рис. 1.

Как следует из полученных данных, большинство штаммов порядка Agaricales не оказывают существенного влияния на данный показатель. Только 7 исследуемых культур видов *A. cylindracea, L. edodes, F. velutipes, P. citrinopileatus, P. eryngii, P. ostreatus* достоверно влияют на него: F-vv, F-1105, – повышают; 960, Le-340, Le-6, F-102, D-140 – снижают исходное ПН ГПС, составляющее 57,9 мН/м. На этом фоне резко выделяются все штаммы видов *F. hepatica* и *P. pulmonarius*, которые значительно снижают ПН. Так, минимальное значение σ_4 установлено у штамма *P. pulmonarius* AX, которое составляет 41,7 мН/м и на 16,2 мН/м ниже ПН исходной среды. А все штаммы *S. commune* повышают показатель σ_4. Так, максимальное значение зафиксировано для КФ штамма Sc-1104 и составило 66,5 мН/м, что на 8,6 мН/м выше контроля.

В отличие от исследуемых представителей порядка Agaricales, большинство штаммов порядка Polyporales оказывали значительное влияние на поверхностное натяжение КФ. Например, увеличивали значение σ_4 культуры видов *F. fomentarius, G. frondosa* и *D. quercina*. Максимум, который здесь установлен для штамма Dq-08, составляет 64,8 мН/м и выше исходного значения на 6,9 мН/м. Уменьшали этот показатель культуры видов *G. lucidum, T. hirsuta, T. ochracea, T. trogii, L. sulphureus, I. lacteus* с минимальным значением σ_4 у штамма IL-1201 40,5 мН/м, которое на 17,4 мН/м ниже ПН исходной среды.

Такие резкие видовые различия могут быть связаны с неравномерным использованием поверхностно-активных компонентов питательной среды разными культурами, что ведет к росту значения σ_4. Продуцирование же биосурфактантов в КФ вызывает снижение его ПН.

Следовательно, апробированные и модифицированные методы исследования тензиореометрических параметров жидкости имеют требуемую высокую чувствительность при работе с микологическим материалом. Значения равновесного поверхностного натяжения КФ штаммов ксилотрофов зависят от видовой принадлежности культуры и связаны с ее физиологическими особенностями. Это позволяет использовать данный показатель как критерий для отбора штаммов – продуцентов биосурфактантов. Таким образом отобраны штаммы базидиомицетов *F. hepatica* Fh-18, *S. commune* Sc-1104, *P. pulmonarius* AX, *T. hirsuta* Th-11, *D. quercina* Dq-08 – перспективных штаммов-продуцентов биосурфактантов, также обладающих высокой скоростью роста в глубинной культуре.

Отсутствие масштабных тензиореометрических исследований глубинных культур базидиомицетов обуславливает актуальность дальнейшего изучения и получения новых результатов, имеющих как теоретическое, так и прикладное значение.

Список литературы

1. Banat IM, Makkar RS, Cameotra SS. Potential commercial applications of microbial surfactants. Appl Microbiol Biotechnol. 2000; 53: 495-508.
2. Makkar RS, Cameotra SS, Banat IM. Advances in utilization of renewable substrates for biosurfactant production. AMB Express. 2011; 1(5): 1-19.
3. Гоготов И.М., Белоножкин С.В., Ходаков Р.С., Шкидченко А.М. Биосурфактанты: продуценты, свойства и практическое использование. Мат. 3-й Межд. конф. «Международное сотрудничество в биотехнологии: ожидания и реальность». Пущино: ИЦ «Биоресурсы и экология». 2006: 104-11.
4. Desai JD, Banat IM. Microbial production of surfactants and their commercial potential. Microbiol Mol Biol Rev. 1997; 61(1): 47-64.
5. Феофилова Е.П. Новые биотехнологии получения биологически активных веществ из мицелиальных грибов. Усп. мед. микол. 2007; 9: 195-96.
6. Винаров А.Ю. Гордеев Л.С., Кухаренко А.А., Панфилов В.И. Ферментационная аппаратура для процессов микробиологического синтеза. Под ред. В.А. Быкова. М. 2005: 278 с.
7. Kim SW, Hwang HJ, Park JP. et all. Mycelial growth and exo-biopolymer production by submerged culture of

various edible mushrooms under different media. Lett Appl Microbiol. 2002; 34: 56-61.
8. Campeanu G, Pele M, Cimpeanu M. Studies on the rheological properties of the fermentation broth in the production of pectolytic enzymes. Int Agrophysics. 1999; 13: 421-24.
9. Wösten HAB, Willey JM. Surface-active proteins enable microbial aerial hyphae to grow into the air. Microbiology. 2000; 146: 767-73.
10. Linder MB, Szilvay GR, Nakari-Setala T, Penttila ME. Hydrophobins: the protein-amphiphiles of filamentous fungi. FEMS Microbiol Rev. 2005; 29: 877-96.
11. Wösten HAB, Wessels JGH. Hydrophobins, from molecular structure to multiple functions in fungal development. Mycoscience. 1997; 38: 363-74.
12. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев: Наук. думка. 1988: 144 с.
13. Kazakov VN, Barkalova EL, Levchenko LA. Dilation rheology as medical diagnostics of human biological liquids. Colloids Surf. 2011; 391: 190-94.
14. Kazakov VN, Knyazevich VM, Sinyachenko OV. Interfacial rheology of biological liquids: Application in medical diagnostics and treatment monitoring. In: "Interfacial Rheology". Vol. 1. Progr Colloid Interf Sci, R Miller&L Liggieri (Eds.). Brill Publ. Leiden. 2009: 519-66.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ ЛИСТВЕННЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В БЕЛАРУСИ

Дишук Н.Г.
Центральный ботанический сад НАНБ, Минск

В Беларуси многие виды интродуцентов произрастают в старинных усадьбах и парках с середины 19 века. Древесно-кустарниковые экзоты также широко распространены в городских посадках в больших и малых городах республики. Самая большая дендрологическая коллекция собрана в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, она насчитывает около1500 видов, разновидностей и форм, относящихся к 157 родам и 52 семействам, которые представляют флору разных регионов земного шара. Много видов древесных интродуцентов в старинных парках и усадьбах являются великовозрастными, в ботаническом саду возраст большей части древесных таксонов превышает 60 лет. Число усыхающих старых деревьев в парках и скверах с каждым годом увеличивается. На стволах, ветвях таких деревьев повсеместно отмечается наличие плодовых тел разных видов дереворазрушающих грибов.

Как показали фитопатологические обследования зеленых насаждений, которые регулярно с 2006 г. проводятся лабораторией защиты растений в республике, ослабление древесных растений и снижение их долговечности напрямую зависят от возраста дерева, а также уровня воздействия неблагоприятных факторов внешней среды. Отрицательно влияют на фитосанитарное состояние деревьев в разных типах городских насаждений сильная загазованность воздуха, высокий уровень рекреационных нагрузок.

Существенный вред древесным растениям, растущим вдоль дорог, на тротуарах наносят противогололедные реагенты, в качестве которых используются разные соли. Снижение плодородия почвы и нарушения его водного и воздушного режима также отрицательно сказываются на росте и развитии растений, ведут к ослаблению деревьев и снижению устойчивости деревьев к вредным насекомых и инфекционным болезням. Наиболее опасными, экологически и хозяйственно значимыми для взрослых деревьев являются корневые и стволовые гнили, менее – некрозные и сосудистые болезни Заражению деревьев гнилевыми болезнями и интенсивному развитию их в насаждениях способствует любые абиотические и биотические факторы, ослабляющие растения. Степень долговечности взрослых деревьев также в значительной степени зависит от сроков появления гнилевых процессов в древесине ствола, скелетных ветвей и корней. Чем меньше возраст дерева в период заражения, тем ниже его долговечность.

Скорость распространения гнили в древесине зависит от места проникновения инфекции. Быстрее погибают деревья, у которых гнилью поражен ствол, дольше живут деревья, у которых гнилевые процессы начинаются со скелетных ветвей. Отмечено, что корневые гнили встречаются в уличных посадках редко и распространены преимущественно в парковых и лесопарковых насаждениях. Стволовые гнили отмечены во всех типах городских насаждений, но в большей степени у деревьев, растущих вдоль дорог и на улицах, 70–80% таких деревьев имеют многочисленные, разные по размерам и глубине раны и дупла на стволе и скелетных ветвях.

Установлено, что уже к 50-летнему возрасту большинство лиственных древесных пород в городских посадках поражены гнилевыми болезнями, которые вызывают разные виды дереворазрушающих грибов, большинство из которых относится к классу базидиомицетов, группе афиллофороидных гименомицетов. Заражение данными грибами происходит через морозобойные трещины, механические повреждения коры, древесины штамба, скелетных ветвей, корней и через

повреждения, наносимые насекомыми, человеком. Такие деревья значительно отстают в росте по высоте и по диаметру в отличие от здоровых. Листовая пластинка у них плохо развита, на ней отмечается краевой некроз, который постепенно охватывает большую часть листа. Нарушение снабжения питательными веществами кроны приводит к засыханию листьев и преждевременному листопаду. У пораженных гнилями деревьев, растущих вдоль дорог и на тротуарах, где поступление воды к корням затруднено, листья начинают опадать уже в августе.

Анализ роста, развития и фитосанитарного состояния древесных таксонов показал, что большинство представителей дальневосточной, европейской и североамериканской флоры хорошо адаптировались к местным условиям и являются относительно устойчивыми к дереворазрушающим грибным патогенам. Но вместе с тем, отмечаются некоторые особенности роста, развития и долговечности ряда древесных интродуцентов в городских условиях. Как показали исследования, решающее значение в продолжительности жизни особенно для широколиственных древесных растений, произрастающих экологически благополучных местах, имеют почвенные условия и обеспеченность растений влагой. Установлено, что интродуценты, произрастающие в парках и скверах на бедных почвах менее устойчивы к инфекционным болезням, отстают в росте, развитии и в более раннем возрасте вступают в фазу старения и чаще поражаются дереворазрушающими грибами.

В результате изучения фитосанитарного состояния зеленых насаждений парков и лесопарков в разных городах республики установлена высокая степень заселенности дереворазрушающими грибами таких интродуцентов как ясень пенсильванский, ясень пушистый, орех маньчжурский, орех серый, орех черный, клен серебристый, клен ясенелистный, черемуха Маака, черемуха поздняя, акация белая, тополь канадский, тополь бальзамический, разные виды ивы, сирень обыкновенная, шелковица черная, шелковица белая, катальпа бигнониевидная, катальпа прекрасная.

Наиболее устойчивыми к дереворазрушающим грибам являются каштан конский, клен остролистный, клен ложноплатановый, липа амурская, липа крупнолистная, липа кавказская, бархат амурский, дуб северный, бук крупнолистный, бук европейский. Однако степень устойчивости к дереворазрушающим грибам значительно снижается у этих видов, произрастающих на улицах, вдоль магистралей. Неблагоприятные экологические условия и многочисленные повреждения ствола и ветвей приводят к тому, что еще в относительно раннем возрасте эти виды деревьев вступают в фазу деградации и погибают. Прирост у таких деревьев замедлен, идет активный процесс отмирания скелетных ветвей, в некоторых случаях наблюдается суховершинность, вследствие этого высота деревьев понижается. Деревья, у которых поражены корневые системы и стволы, сильно страдают от ветровала и ветролома. В некоторых случаях (орех маньчжурский, липа крупнолистная, тополь канадский, орех серый, клен серебристый, шелковица, сирень обыкновенная и др.) на одном дереве отмечалось совместное поражение несколькими (2 и более) видами дереворазрушающих грибов. Ниже приводятся данные о видах дереворазрушающих грибов, выявленных на разных породах деревьев.

Диагностическими признаками при определении дереворазрушающих грибов служили макро-морфологические особенности плодовых тел: форма; размеры; характеристика поверхности; структура внутренней ткани плодового тела; строение гименофора; окраска поверхности плодового тела трамы и гименофора. Приростным буравом отбирались образцы древесины из корней, разной части ствола и скелетных ветвей, для определения характера гниения и протяженности гнили в стволе [1, 2, 3]. Ниже приводятся данные по видовому составу дереворазрушающих грибов на интродуцентах, произрастающих в разных типах городских насаждений республики.

Тополь канадский – настоящий трутовик (*Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr.), вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm.), чешуйчатый трутовик (*Polyporus squamosus* (Huds.: Fr.) Fr.), чешуйчатка жирная (*Pholiota adiposa* Fr.),опенок осенний (*Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.).

Черемуха Маака – серно-желтый трутовик (Laetiporus sulphureus (Bull.) Bond. et Sing.), опенок осенний (*Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.), кленовый трутовик (*Oxyporus populinus* (Fr.) Donk.), ежевик северный (*Climacodon septentrionalis* (Fr.) Karst.).

Орех маньчжурский, орех серый – ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* (Karst.) Bond.et Sing.), окаймленный трутовик (*Fomitopsis pinicola* (Sw. Et Fr.) Karst.), дубовая губка (*Daedalea quercina* L.), опенок осенний (*Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.).

Ясень пенсильванский, ясень пушистый – корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.)Bref.), трутовик лучевой (*Inonotus radiatus* (Sow.: Fr.) Karst.), опенок осенний (*Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.), щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum commune* Fr.), серно-желтый трутовик (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing.).

Клен серебристый – трутовик настоящий (*Fomes fomentarius* (L.) Gill.), опенок осенний (*Armillaria mellea* (Fr.) Kumm.), корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), кленовый трутовик (*Oxyporus populinus* (Fr.) Donk.), ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* (Karst.) Bond. et Sing.), чешуйчатый трутовик (*Polyporus squamosus* (Huds.: Fr.) Fr.).

Береза каменная – трутовик настоящий (*Fomes fomentarius* (L.) Gill.), березовая губка (*Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.)Karst.), трутовик лучевой (*Inonotus radiatus* (Sow. :Fr.) Karst).

Каштан конский – вешенка обыкновенная (Pleurotus ostreatus (Fr.)Kumm.), ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* (Karst.), щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum commune* Fr.).

Ива длинолистная, тонколистная и др. – серно-желтый трутовик (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing.), щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum*

commune Fr.), чешуйчатка жирная (*Pholiota adipose* Fr.), настоящий трутовик (*Fomes fomentarius* (L.:Fr.)Fr.).

Сирень обыкновенная – опушенный трутовик (*Trametes pubescens* (Schum.: Fr.), лучевой трутовик (Inonotus radiatus (Sow.: Fr.) Karst.), ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* (Karst.) Bond.et Sing.), опенок осенний (*Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.).

Шелковица – оленья кожистая губка (*Coriolus cervinus* (Schw.) Bond.), ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* (Karst.) Bond. et Sing.), разноцветный трутовик (*Trametes versicolor* (L.: Fr.) Pilat).

Липа крупнолистная, амурская – щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum commune* Fr.), настоящий трутовик (*Fomes fomentarius* (L.) Gill.), вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm.), зимний гриб (*Flammulina velutipes* (Fr.) Karst.).

Катальпа прекрасная – дубовый трутовик (*Inonotus driophilus* (Berk.) Murr.), серно-желтый трутовик (Laetiporus sulphureus (Bull.) Bond. et Sing.).

Повсеместно на пнях лиственных пород деревьев встречается плоский трутовик (*Ganoderma applanatum* (Pers. ex Wallr.) Pat.).

Список литературы

1. Комарова Э.П. Определитель трутовых грибов Белоруссии. Минск. 1964: 343 с.
2. Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок Афилофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука. 1998: 391 с.
3. Семенкова И.Г. Фитопатология. Дереворазрушающие грибы, гнили и патологические окраски древесины (определительные таблицы). М.: МГЛУ. 2001: 57 с.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА БИОСТИМУЛЯЦИИ НА КОМПЛЕКС МИКРОМИЦЕТОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Григориади А.С.
Башкирский государственный университет, Уфа

Решение вопроса реабилитации территории, загрязненные нефтяными углеводородами, представляют особую проблему. Попадание в почву нефтяных углеводородов оказывает ингибирующее влияние на развитие ее микробиоты, приводит к изменению физических свойств, потери плодородия и, в конечном счете, к их изъятию их хозяйственного оборота. В настоящее время существует множество приемов, направленных на очистку почвы от нефтяного загрязнения.

Одним из перспективных подходов к ускорению биодеградации нефти в почве представляется стимуляция деятельности как общей, так и специфической микробиоты, способной использовать углеводороды нефти. Методика стимуляции представляет собой создание оптимальных условий окружающей среды для ускорения детоксицирующей активности природной микробиоты [1]. Высокая эффективность данной технологии обусловлена тем, что она адаптирована к почвенно-климатическим условиям конкретного региона и абсолютно безопасна в экологическом отношении.

К таким органическим биостимуляторым можно отнести навоз [2], биоорганическое удобрение на основе птичьего помета с добавлением торфа [3], белково-кормовая добавка [4], активный ил очистных сооружений различных производств [5] и др.

Целью данной работы явилось исследование влияния углеводно-минеральной добавки (УМД), образующейся при производстве целлюлозы из древесины сульфитным способом, на качественный состав сообщества микромицетов нефтезагрязненной почвы.

Для постановки модельного опыта была использована серая лесная почва, которую искусственно загрязняли нефтью в концентрациях 1, 4 и 8% от массы почвы. Контролем служила незагрязненная почва без добавления биопрепарата. Для стимулирования аборигенной микробиоты в загрязненную почву вносили УМД, из расчета 60 г /кг почвы. Образцы почв для анализа отбирались через 3 мес. Остаточные нефтепродукты определяли весовым методом [6]. При изучении структуры комплекса почвенных грибов изучали видовой состав организмов определенной трофической группы, численность видов, а также оценивали по критериям встречаемости и обилия видов [7].

Почвенные микроскопические грибы (микромицеты) преобладают среди почвенных микроорганизмов и представляют собой одну из основных составляющих микробного сообщества почвы. Они участвуют в минерализационных процессах, поддерживающих плодородие почвы. Благодаря ферментным системам и способности организма адекватно реагировать на факторы внешней среды, грибы хорошо выживают, адаптируются и интенсивно размножаются в новых, иногда экстремальных условиях обитания [8].

Фоновая численность микромицетов в использованной при постановке эксперимента в серой лесной почве в среднем составляла $6{,}5 \cdot 10^3$ грибных пропагул на 1 г почвы. В ходе эксперимента отмечался рост численности почвенных микромицетов во всех пробах.

При концентрации нефти 1 и 4% произошло увеличение численности микроскопических грибов. Благодаря спорообразованию микроскопические грибы хорошо развиваются в загрязненной почве, и их численность превосходит контрольный уровень. Значительная стимуляция данной группы микроорганизмов объясняется тем, что учитываемые нами микроскопические почвенные грибы-сахаролитики, а в состав УМД входят моносахариды, являющиеся для них лег-

ко усваиваемыми источниками питания в нарушенных нефтяным загрязнением условиях обитания.

Трансформации грибных сообществ, происходящие под воздействием нефти, помимо количественных показателей имеют и качественную составляющую. В результате эксперимента из серой лесной почвы было выделено 20 видов микромицетов, относящихся к шести родам *Aspergillus, Fusarium, Mucor, Penicillium, Talaromyces, Trichoderma*. Внесение УМД привело к выпадению некоторых видов, характерных для контрольной и нефтезагрязненной почвы. Так, *A. niger, Chrysosporium sp, P. purpurogenum, Talaromyces flavus* в рекультивируемых образцах обнаружены не были. В то же время появлялись новые виды *A. fumigatus u P. glabrum*. Использование добавки также оказывало стимулирующее действие на некоторые виды микромицетов. В образцах сильнозагрязненной почвы (8%) микромицеты *Fusarium* были представлены одним видом *F. oxysporum*. В рекультивируемой почве были идентифицированы виды *F. javanicum, F. martii, F. merismoides, F. oxysporum*.

Было отмечено не только появление и выпадение микромицетов из микологического сообщества, но и изменение частоты встречаемости и обилия видов, выделенных как в загрязненной, так и в рекультивируемой почве. Внесение УМД привело к увеличению частоты встречаемости *P. canescens, P. funiculosum, Trichoderma viride*. Снизилось обилие *A. candidus* в рекультивированных образцах почвы по сравнению с почвами, загрязненными нефтью в концентрации 8%.

В ходе экспериментов было проведено исследование содержания остаточных нефтепродуктов в серой лесной почве, рекультивируемой УМД. Через 90 сут инкубации в образцах почв с загрязнением нефтью в концентрации 4% снизилось на 28% по сравнению с почвой, не подвергавшейся дополнительной обработке. При внесении УМД в почву, загрязненную нефтью в концентрации 8%, степень деградации остаточных углеводородов составила 61,3%, т.е. разложение поллютанта ускорилось примерно в 2 раз.

Таким образом, можно заключить, что применение УМД стимулировало развитие аборигенной микобиоты. Большинство видов микромицетов, являющихся типично частыми и доминирующими в рекультивируемых почвах, способны к использованию углеводородов нефти в качестве источника углерода и энергии. К таким вида можно отнести *A. fumigatus, A. oryzae, A. niger, A. restrictus, A. terreus, A. ustus, F. oxysporum, Mucor sp, P. canescens, T. viride*.

В образцах почвы с внесением УМД были обнаружены виды *Aspergillus fumigatus, A. niger, p. Fusarium, P. canescens, P. decumbens, P. funiculosum, P.glabrum, P. lanosum, P. restrictum, Trichoderma viride*, которые являются сильными токсинообразователями, и продуцируемые ими вещества могут приводить к ослаблению и последующей гибели растений. Эта тенденция была наиболее выражена при 8% уровне загрязнения.

Gрименение УМД ускорило снижение содержания остаточных нефтепродуктов в почве, привело к увеличению доли микромицетов-деструкторов нефтяных углеводородов, однако оказывало негативное действие на рост и развитие растений, что вызвано деятельностью фитотоксичных видов микромицетов.

Список литературы

1. Вельков В.В. Стандартизация формата описаний промышленных технологий биоремедиаци. Биотехнология. 2001; 2: 70-6.
2. Сухоносова А.Н., Бурлака В.А., Быков Д.Е. и др. Очистка почв от нефтяного загрязнения и оценка ее эффективности. Экол. промышл. России. 2009. Окт.: 18-20.
3. Бухгалтер Э.Б., Галиулин Р.В., Башкин В.Н. и др. Рекультивация почвы, загрязненной газовым конденсатом. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008; 2: 16-8.
4. Габбасова И.М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана. Под ред. Ф.Х. Хазиева. Уфа: Гилем. 2004: 284 с.
5. Киреева Н.А., Онегова Т.С., Григориади А.С. Характеристика Белвитамила, используемого для рекультивации нефтезагрязненных природных объектов. Вестн. БашГУ. 2008; 13(2): 279-81.
6. Mc Gill WW, Rowell MJ. Determination of oil content of oil contaminated soil. Sci Total Environ. 1980: 14 (3): 245-53.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ. 1991: 304 с.
8. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: «Медицина для всех». 2005: 196 с.

ВЛАЖНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ КАК ВАЖНЫЙ АСПЕКТ ЕЁ КОЛОНИЗАЦИИ ДЕРЕВООБИТАЮЩИМИ ГРИБАМИ

Казарцев И.А.[1,2], Кузнецов А.А.[2]
[1]ВНИИ защиты растений, Санкт-Петербург
[2]Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Влажность древесины является важным параметром, на прямую влияющим на эффективность ее колонизации деревообитающими грибами. Минимальное содержание влаги в древесном субстрате, необходимое грибам для развития, устанавливается на уровне предела гигроскопичности клеточных стенок. В лабораторных экспериментах удавалось зарегистрировать развитие гриба в древесине с влажностью ниже предела гигроскопичности (при влажности 18%), но, по-видимому, это являлось результатом транспорта

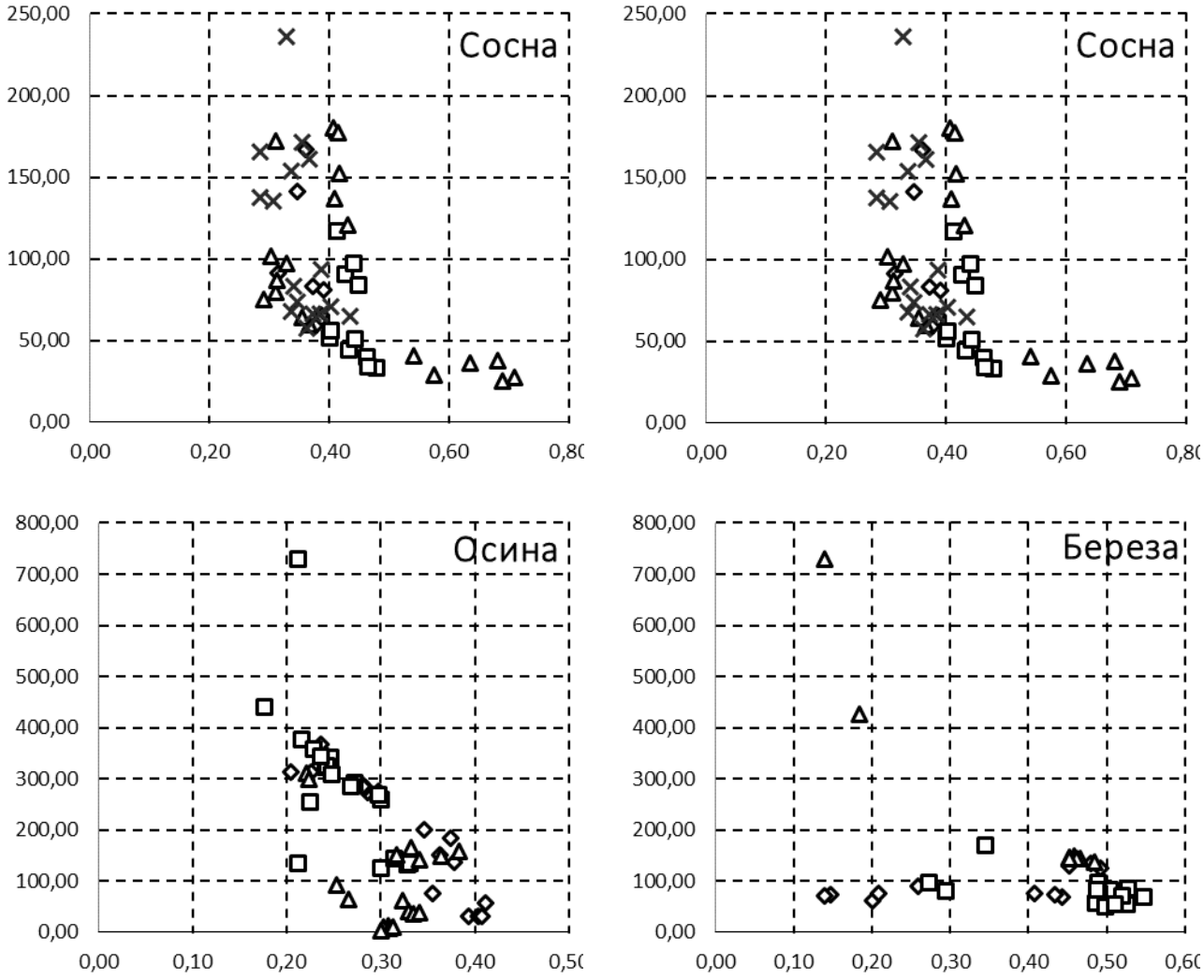


Рисунок 1. Изменение влажности древесного детрита в зависимости от степени его разложения: по оси абсцисс – базисная плотность, г/см^3; по оси ординат – абсолютная влажность, %. Разными символами показаны образцы, собранные с разных объектов.

воды извне (здесь и далее по тексту указана абсолютная влажность древесины). Максимальное содержание влаги, не подавляющее физиологическую активность гриба, детерминируется количеством не вытесненного из пределов анатомических элементов древесины и доступного для дыхания кислорода. Экстремальные значения параметров влажности являются неодинаковыми для разных ксилотрофных грибов. Некоторые грибы, например *Serpula lacrymans*, способны существовать в широком диапазоне значений влажности – от 26 до 225%. Другой домовый гриб, *Coniophora puteana*, жизнеспособен в более узком диапазоне – от 30 до 90% (Вакин, 1964; Schmidt, 2006). Поскольку существуют микроорганизмы с разными требованиями к влажности субстрата, можно предположить, что ее изменение, наравне с такими факторами, как дефицит кислорода и питательных веществ, может значительно влиять на их сукцессию.

Данное научное исследование является частью проекта, направленного на изучение структуры и динамики микробиома, ассоциированного с древесным детритом, методом ДНК-метабаркодинга. Цель этого исследования – установить насколько изменяется влажность лесного валежа в зависимости от степени его разложения. В июне 2014 г. была проведена экспедиция на особо охраняемую природную территорию регионального значения в природный парк «Вепсский лес». Объектом для исследования послужила разлагающаяся древесина основных лесообразующих пород таежные лесов европейской части России (сосна, ель, береза, осина). Из выбранных объектов в направлении поперечном стволу выпиливались диски толщиной 5 см, из которых при помощи топора выкалывались однородные образцы, не содержащие проростей, ходов насекомых, грибных пленок и тяжей. При отборе учитывался класс разложения, диаметр и расстояния от комля до точки отбора образца, зоны на поперечном срезе (ядро, заболонь, спелая древесина) и т.п. Попутно оценивались такие определяющие параметры для существования ксилотрофных грибов, как абсолютная влажность и базисная плотность древесины. Для расчета влажности субстрата с помощью порта-

тивных весов определяли массу влажного образца (с точностью до 0,01 г) сразу после его изготовления. Базисную плотность древесины определяли модифицированным гидростатическим методом. Всего было проанализировано более 100 образцов.

Для соснового валежа получен отчетливый экспоненциальный тренд, указывающий на увеличение влажности древесного детрита с уменьшением его базисной плотности (см. рис. 1). У других пород данные с разных объектов варьировали. Тем не менее общая закономерность была такой же: на более глубоких стадиях ксилолиза влажность увеличивалась. Отличия данных в пределах одной древесной породы могут указывать на различия таксономической структуры сообществ грибов, осуществляющих биодеградацию. Это и предстоит установить в дальнейшем с использованием молекулярных методов. Полученные данные важны для развития начатых исследований, т.к. влажность является одной из главных характеристик древесного субстрата, влияющих на рост и размножения ассоциированных микроорганизмов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №14-04-32040 мол_а.

Список литературы

1. Вакин А.Т. Хранение круглого леса. М.: Лесная промышленность. 1964: 428 с.
2. Schmidt O. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use. Berlin – Heidelberg: Springer. 2006: 346 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ РУКОПИСНОГО ФОНДА МАТЕНАДАРАНА АРМЕНИИ И ИХ КОНСЕРВАЦИЯ БИОЦИДАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Пароникян А.Е.[1,2], Нанагюлян С.Г.[1], Элиазян Г.А.[2]
[1]Ереванский государственный университет, Армения
[2]Институт древних рукописей Матенадаран, Ереван

Известно, что библиотекам и архивам угрожает реальная опасность постепенного разрушения или внезапной потери коллекции. Многие коллекции становятся более уязвимыми к биоразрушениям, стареют и ветшают. Целью любой консервации и последующей реставрации является обеспечение долговечности объекта и пригодности его к использованию при минимальном изменении физических характеристик. Значительное число обнаруженных грибов на старопечатных книгах и рукописях является потенциально патогенными видами. Резкое повышение коэффициента встречаемости диаспор микромицетов в воздухе книгохранилищ указывает на необходимость принятия срочных мер по устранению источников инфекции.

Среди разнообразия направлений деятельности отдела консервации и реставрации Института древних рукописей Матенадаран имени св. Месропа Маштоца наиболее важными являются разработки в области изыскания биоцидных препаратов природного происхождения, использование рецептов нетоксичных биоцидных препаратов, рекомендуемых в средневековых рукописях Матенадарана, с целью профилактики и защиты книгохранилищ [1].

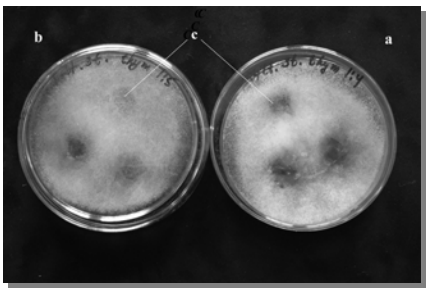
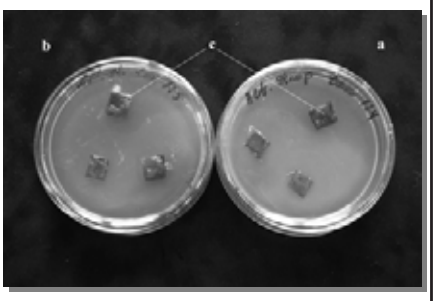
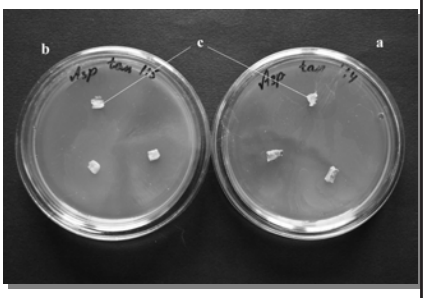
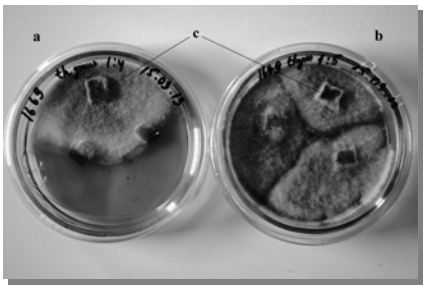
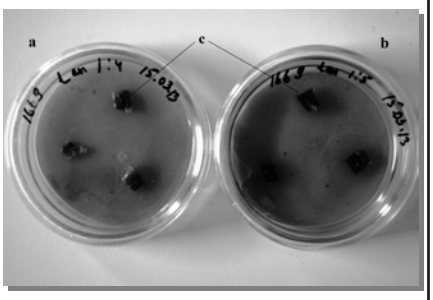
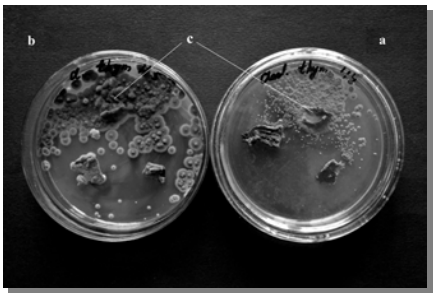
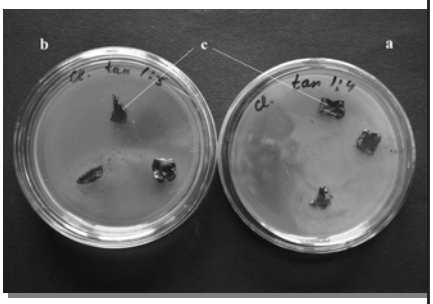
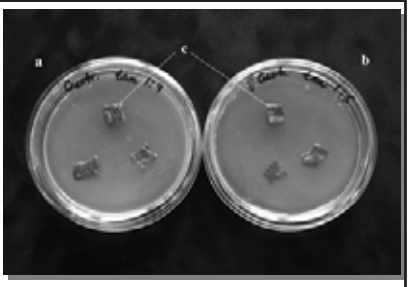
Как свидетельствуют данные, почерпнутые из армянских рукописей, имеется большое количество высших растений, обладающих антибиотическими и фунгицидными свойствами [2]. Такими растениями являются *Tanacetum argyrophyllum* (C. Koch) Tzvel. – Копеечник серебристолистный, *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. – Тимьян кочи, *Achillea nobillis* L. – Тысячелистник благородный, *Artemisia fragrans* Willd. – Полынь благоухающая и другие.

Фунгицидная активность экстрактов растений, произрастающих на Армянском нагорье, оценивалась в эксперименте по росту микромицетов – деструкторов, изолированных с загрязненных книг архивов Матенадарана. Результаты экспериментов, проведенных с отдельными видами микодеструкторов, дали положительный эффект, а именно наблюдалось полное подавление роста грибов.

Выделение природных фунгицидов из растений, произрастающих в Армении, обеспечит возможность отказа от существующих ныне химических средств профилактики биоповреждений библиотечных и архивных материалов.

Нами проведены испытания фунгицидной активности на примере отдельных водных растворов эфирных масел Та*nacetum argyrophyllum* и *Thymus kotschyanus*. Общеизвестно, что эти биды проявляют высокую антибактериальную активность [2]. Предложенные экстракты, однозначно ингибируя рост грибов, положительно действуют на долговечность бумаги и, самое главное, не токсичны.

В нашей работе исследована фунгицидная активность экстрактов *Tanacetum argyrophyllum, Thymus kotschyanus*, которая оценивалась по росту микодеструкторов, выделенных с загрязненных рукописей, старопечатных книг и архивных документов Матенадарана. *T. argyrophyllum* – широко распространённый на территории Армении, и наиболее изученный в химическом отношении вид. Надземная часть растения в фазах бутонизации и цветения содержит сходные сесквитерпеновые лактоны (тамарин и танамирин). Растение содержит также флавоноиды, сапонины и

Виды микодеструкторов	*Thymus kotschyanus*	*Tanacetum argyrophyllum*
Alternaria tenuis Stemphylium verruculosum		
Aspergillus versicolor		
Botryoderma lateritium		
Cladosporium herbarum		
Geotrichum candidum		

Продолжение и подпись см на след стр.

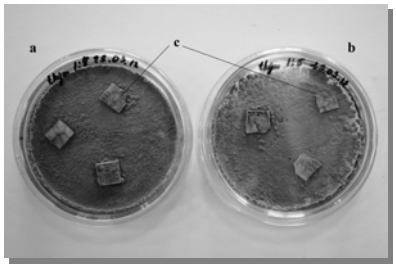
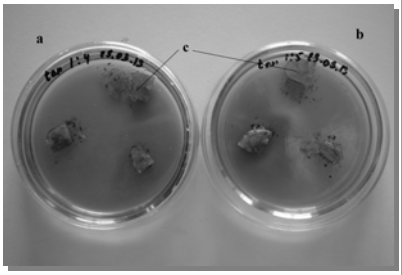
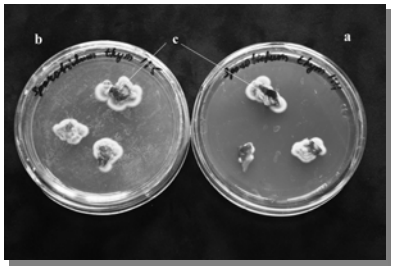
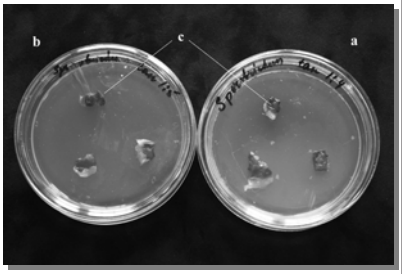
Penicillium kojigenum		
Sporotrichum epigaeum var. terrestre		

Рисунок 1. Влияние биоцидов *Thymus kotschyanus* и *Tanacetum argyrophyllum* на различные микодеструкторы, поражающие старопечатные книги и рукописи
*а – биоцидная жидкость в концентрации 1:4, б – биоцидная жидкость в концентрации 1:5, с – контроль

дубильные вещества. Эфирное масло из цветочных корзинок *T. argyrophyllum* (Oleum Tanaceti aethereum) светло-желтого цвета, душистое и содержит камфору, борнеол, гвайазулен, а-туйон (1-туйон), В-туйон (d-изотуйон), камфен, пинен, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, дубильные вещества, каротиноиды, терпеноиды, стероиды, углеводы. *T. kotschyanus* широко распространен в районах Армении, в растении обнаружены флавоноиды, дубильные вещества, смола, каротин, аскорбиновая кислота. Из надземной части *T. kotschyanus* (до цветения) получено желтое прозрачное эфирное масло (Oleum Thymi aethereum). В качестве основных компонентов оно содержит тимол и корвакрол, а также другие вещества [2].

Выделение микромицетов с пораженных рукописей и книг на питательные среды осуществлялось методом прямого пересева с помощью игл, отпечатков, а также переносом частиц бумаги, легко отделяющихся с пораженных тканей.

Материалом исследования являлись виды микодеструкторов, выделенные с поврежденных рукописей: *Botryoderma lateritium* Papendorf & H.P. Upadhyay, *Penicillium kojigenum* G. Sm., *Aspergillus versicolor* (Vill.) Tirab., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, *Alternaria tenuis* Nees и *Stemphylium verruculosum* (Zimm.) Sacc., *Sporotrichum epigaeum* var. terrestre Dasz., *Geotrichum candidum* Link.

Нарезанный на кубики (1:1 см), зараженный конкретным видом микодеструктора, агар помещали на поверхность заранее подготовленной чашки Петри с сусло-агаром, обработанным 1мл водного раствора биоцидной жидкости *Tanacetum argyrophyllum* и *Thymus kotschyanus*, с концентрацией 1:4 (1 часть масла к 4 частям воды) и 1:5 соответственно. В те же чашки Петри помещали кубик 1:1, зараженный конкретным видом микодеструктора уже без обработки биоцидным раствором (контроль). По росту микромицета определялось насколько эффективно действуют на рост микодеструктора пары, выделенные биоцидом.

Фунгицидная активность экстрактов растений оценивалась в эксперименте по росту микромицетов – деструкторов, изолированных с загрязнённых книг архивов Матенадарана. Результаты экспериментов, проведенных с отдельными видами грибов, дали положительный эффект. Как видно из рис. 1, применение раствора биоцида *T. kotschyanus* в концентрации 1:4 приводит к замедлению роста различных видов микодеструкторов, изолированных со старопечатных книг и рукописей. Особенно чувствительны к биоциду *A. versicolor, B. lateritium, G. candidum, S. epigaeum var. terrestre*.

В течение первых 5 дней у *A. versicolor* роста мицелия не наблюдалось. На 7-й день был заметен незначительный рост, который остановился уже на 15-й день наблюдения. У контроля не наблюдалось активного роста мицелия, колония достигла размеров всего 0,5–1 см, благодаря воздействию паров экстракта *T. kotschyanus*. У *B. lateritium* при соотношении водного экстракта к 1:4 рост не наблюдался, а у контроля – в течение первых дней рост был заметно подавлен из-за воздействия паров биоцида. При постепенном понижении концентрации паров, уже после 7-го дня диаметр колонии начал увеличиваться и достиг размера 8 см, после чего рост медленно, но продолжался. У *G. candidum* на агарных кубиках был замечен незначительный рост мицелия, но он остановился на 7–10-й день. В контрольной группе колония достигла 2–3 см, но на 7–10-й день опять наблюдалась остановка роста.

Контроль *C. herbarum* также дал активный рост мицелия, а обработанные биоцидом колонии достигли размера до 1-ого см в диаметре. Рост гриба *S. epigaeum* var. terrestre был подавлен воздействием биоцида *T. kotschyanus* что, в свою очередь, привело к росту гриба *Penicillium* sp., размер колонии которого достиг 1–2 см в диаметре.

Использованные концентрации биоцида оказались неэффективными для *A. tenuis, S. verruculosum и P. kojigenum*, так как на их рост не подействовали ни биоцидная жидкость, ни выделенные биоцидом пары. Эти грибы начали активно расти с 5-го дня и покрыли всю поверхность питательной среды. На колониях *A. tenuis* и *S. verruculosum* наблюдался рост *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill., на рост которого также не подействовал данный биоцид ни в 1:4, ни в 1:5.

При применении раствора *T. argyrophyllum* наблюдается полное подавление роста в испытуемых концентрациях вышеуказанных видов грибов. В этом случае фунгицидную активность проявляет не только раствор биоцидной жидкости, но и пары, выделенные биоцидом.

Как показали исследования, водный раствор биоцида *T. argyrophyllum*, а также его пары оказались наиболее эффективными в отношении непосредственного подавления роста испытуемых видов грибов микодеструкторов.

Применение различных природных фунгицидов из растений, произрастающих в Армении, возможно, обеспечит отказ от ныне применяемых ядовитых химических препаратов защиты от биоповреждений библиотечных фондов. Работы по замене химических средств борьбы с биоповреждениями на более мягкие и экологически безвредные препараты продолжаются.

Список литературы

1. Абрамян Дж. Г., Нанагюлян С.Г., Элиазян Г.А., Пароникян А.Е., Маркарян Л.Ю. Микодеструкторы, поражающие книжный фонд Матенадарана. Совр. микол. в России. 2012; 3: 208.
2. Ревазова Л.В., Саакян А.А., Элиазян Г.А., Абрамян Дж.Г. Растительные биоцидные препараты для защиты библиотечных фондов. Мед. наука Армении. Ереван. 2001; 41(1): 113-20.

БИОРАЗРУШЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИЭТИЛЕН – ПОЛИГИДРОКСИБУТИРАТ МИКРОМИЦЕТАМИ ПОЧВЫ

Подзорова М.В.[1], Тертышная Ю.В.[2,3], Пантюхов П.В.[1], Попов А.А.[1,2]
[1]Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва
[2]Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля РАН, Москва
[3]ВНИИ механизации сельского хозяйства, Москва

На сегодняшний день проблема утилизации полимерных материалов волнует многие страны. Утилизация в основном подразделяется на ряд главных направлений: сжигание, пиролиз, переработка.

Но все эти виды утилизации так или иначе негативно влияют на окружающую среду. Поэтому в последние несколько десятилетий стали разрабатывать материалы на основе биополимеров. По определению American Society for Testing and Materials, биоразлагаемые полимеры – это те полимеры, которые способны разлагаться под действием естественно присутствующих в окружающей среде микроорганизмов – бактерий, грибов и водорослей на углекислый газ, метан, воду, неорганические составляющие.

Поли-3-гидроксибутират (ПГБ) – представитель класса полигидроксиалканоатов, линейный полиэфир, биополимер, извлекаемый из биомассы бактерий посредством микробиологического синтеза. ПГБ демонстрирует высокие физико-механические показатели, близкие к полипропилену, совместимость с организмом человека, что очень важно для медицины и фармакологии, и способность биодеструктировать в различных природных средах [1, 2].

В данной работе оценивалась возможность поражения пленок на основе полиэтилена с биодобавками плесневыми грибами при инкубации в почве, приготовленной по ГОСТ 9.060-75. Перед началом исследования был проанализирован полученный грунт.

Грунт был подготовлен согласно ГОСТ 9.060-75 [3] из песка, конского навоза и садовой земли, взятых в равных количествах по массе. Грунт должен содержать значительное количество микроорганизмов: грибов и бактерий. Наибольшее разрушающее воздействие на полимеры оказывают грибы. Для микологической характеристики грунта был проведен эксперимент. Было использовано 3 конические колбы объемом по 100 мл. В 2 колбы (I и II) погружали по 5 г грунта и заливали 15 г дистиллированной воды, после чего оставляли на ночь на мешалке. Еще в одну колбу (III) заливали 20 мл водного раствора среды Чапека и вносили 2 капли водной суспензии из колбы I. К колбам были подобраны пробки, к пробкам прикреплены крючки. В колбу I вертикально помещали пленочный образец из полиэтилена и древесной муки в соотношении 60:40 (ПЭВД+ДМ). Образец подвешивался к крючку в пробке с помощью нитки таким образом, чтобы одна его половина была погружена в жидкость, а другая половина находилась над жидкостью (рис. 1).

То же самое было проделано для колбы II, в которую был погружен образец из чистого полиэтилена.

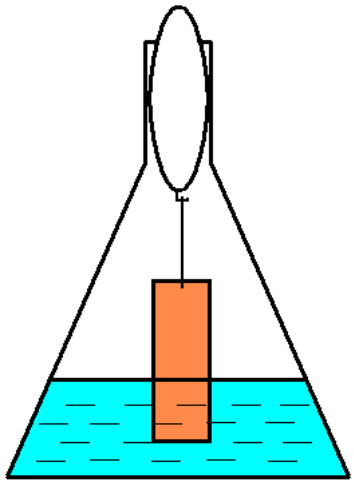


Рисунок 1. Образец (ПЭВД+ДМ) подвешен к пробке с помощью нити

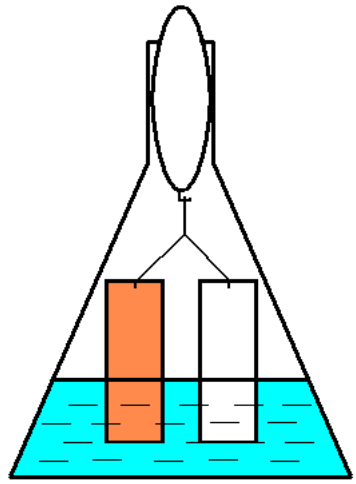


Рисунок. 2. Два образца (ПЭВД и ПЭВД+ДМ) подвешены к пробке с помощью нити.

В колбу III были погружены два образца, из композита полиэтилена с древесной мукой (ПЭВД+ДМ) и из чистого полиэтилена (рис. 2).

Вертикальное расположение образцов в водной суспензии позволяет оценить поражение образцов грибами как в анаэробной, так и в аэробной среде.

Визуальная оценка была произведена спустя 2 нед. Наибольший рост мицелия грибов наблюдается на границе раздела фаз. Интенсивность роста грибов максимальна в колбе III на образце ПЭВД+ДМ, что отражено в Табл. 1 и на Рис. 3, 4. Рост грибов на специализированной для них среде Чапека прогнозируемо оказался выше, чем на водной суспензии грунта, хотя начальное количество микроорганизмов было гораздо больше именно в грунте.

Это говорит о том, что при правильном удобрении грунта солями биоразлагаемость образцов в нем будет выше.

Таблица 1. Интенсивность роста грибов на образцах, в баллах по четырехбалльной шкале.

Образец	Колба I	Колба II	Колба III
ПЭВД	-	1	2
ПЭВД+ДМ	3	-	4

Рисунок 3. Колбы II и III.

Рисунок 4. Колба III.

Для установления родов грибов, поражающих образцы, был проведен рассев мицелия с пораженных образцов на стерильные Чашки Петри с агаризованной средой пивного сусла. Спустя 2 нед был произведен анализ грибов проросших на Чашках Петри. Данные по грибам представлены в Табл 2. Фотографии представлены на рис. 3–8.

Таблица 2. Грибы с различных образцов.

Образец	Образец из колбы I	Образец из колбы II	Образец из колбы III
ПЭВД	-	*Penicillium* *Aspergillius*	*Mucor* *Trichoderma*
ПЭВД+ДМ	*Penicillium*	-	*Penicillium (max)* *Aspergillius (min)*

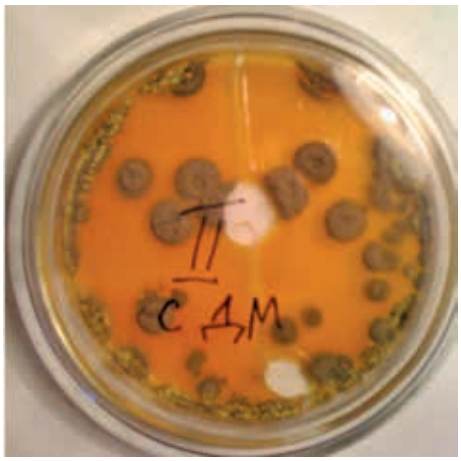


Рис. 5. ПЭВД+ДМ из колбы I.

Рис. 6. ПЭВД из колбы II

Рис. 7. ПЭВД+ДМ из колбы III

Рис. 8. ПЭВД из колбы III

Т. обр., выявлено, что из микроорганизмов в почве наиболее активными деструкторами изучаемых материалов являются грибы родов *Penicillium, Aspergillius, Mucor, Trichoderma*. Следующие наблюдения были проведены спустя еще 2 нед. Все Чашки были покрыты одним грибом рода *Trichoderma*, что говорит о сукцессии, последовательной смене одних сообществ организмов (биоценозов) другими на определенном участке среды.

Затем проводилось исследование при инкубации пленочных образ в почве с добавлением спор плесневых грибов. Плесневые грибы были взяты в соответствии с ГОСТ 9.049-91: *Aspergillus niger, Penicillium chrysogenum и Trichoderma viride*. [4]

Пленочные образцы, используемые в работе, были из ПЭНП отечественного производства марки 15803-020 в виде гранул с $M\eta = 2{,}0\times10^5$ и ПГБ марки «Biomer» (Германия) с $M\eta = 2{,}5\times10^5$ в виде тонкодисперсного порошка. После стадии предварительного смешения композиций пленки получали методом экструзии. Температура расплава в экструдере в формующей кольцевой головке составляла 185 °С, частота вращения шнека 100 об/мин при времени пребывания расплава в экструдере 5 мин. Принудительное охлажде-

Таблица 3. Размеры поверхностных трещин в образцах ПЭНП – ПГБ.

ПЭНП: ПГБ, масс.%	Длина трещин, мкм	Ширина трещин, мкм
100 : 0	Нет	Нет
98 : 2	Нет	Нет
96 : 4	60–1000	0,5–10
92 : 8	180–1000	3–10
84 : 16	200–1000	15–30
68 : 32	200–1000	30–45

ние формующейся пленки осуществляли воздухом при комнатной температуре. Толщина пленок при кратности раздува 2.0 и кратности вытяжки 5.0 по периметру рукава составила 45±5 мкм. Содержание ПГБ в пленочных композитах было следующим: 2, 4, 8, 16 и 32 масс.%.

Климатические испытания проводили с помощью камеры искусственной погоды «Xentest 150-S» (USA) при температуре 35 °С с периодическим увлажнением. Сухой период составлял 1,5 ч, период дождя – 0.5 часа. Испытания проводились в режиме «день–ночь».

Структуру образцов изучали методом ИК-спектроскопии, использовали характерные полосы ПЭ (720, 1470, 2850 и 2920 $см^{-1}$) [5].

При деградации пленок ПЭ – ПГБ различного состава в почве, в которой присутствуют вышеуказанные виды плесневых грибов. Контроль массы осуществляли через 3, 6 и 12 мес. Так, образцы чистого ПЭ и ПЭ – 2% ПГБ на протяжении всего срока не претерпели никаких изменений. Значительные потери массы наблюдались для пленок, содержащих 16 и 32 масс.% ПГБ. Данный эффект объясним, ПГБ – прекрасный источник питания для микроорганизмов и скорость деградации оказывается прямопропорциональна содержанию ПГБ в смеси.

Это подтверждает также опыт в климатической камере. В результате процессов климатического старения в полимерных композитах могут протекать процессы структурообразования (релаксация, кристаллизация), которые приводят к возникновению в образцах различного рода дефектов: внутренним разрывам макромолекул, появлению микротрещин в объеме и на поверхности образца. Наличие дефектов в образцах приводит, как правило, к очаговому росту колоний микроорганизмов в дефектных областях, при этом материал теряет свои физико-механические характеристики и целостность матрицы.

С целью изучения процесса трещинообразования на поверхности композиционных пленок были проведены микроскопические исследования после климатических испытаний (табл. 3). Отсутствие поверхностных трещин на ПЭ и пленках, содержащих 2 масс.% ПГБ, можно объяснить высокой атмосферостойкостью ПЭНП и относительно малым содержанием ПГБ. В пленках, содержащих 4 мас.% ПГБ и выше наблюдается появление и рост трещин на поверхности образцов под воздействием климатических факторов, и чем больше содержание ПГБ в смеси, тем больше размеры трещин.

На основании вышесказанного, можно предположить, что в естественных условиях по мере воздействия температуры, УФ-излучения, влаги и других факторов окружающей среды на поверхностности пленок будут образовываться трещины, наличие которых будет способствовать проникновению внутрь пленок спор плесневых грибов и других микроорганизмов. Микроорганизмы, питаясь ПГБ, будут развиваться, выделяя метаболиты (которые в основном являются агрессивными средами), и тем самым разрушать пленки, фрагментировать их вплоть до размеров, соизмеримых с размерами частиц почвы.

Список литературы

1. Тертышная Ю.В., Шибряева Л.С. Деструкция поли-3-гидроксибутирата и смесей на его основе под действием ультрафиолета и воды. Высокомол. соед. Б. 2013; 55(3): 363.
2. Подзорова М.В., Тертышная Ю.В., Попов А.А. Экологически безопасные пленки на основе поли-3-гидроксибутирата и полилактида (ОБЗОР). Хим. физ. 2014; 33(9): 57.
3. ГОСТ 9.060-75 ЕСЗКС. Ткани. Метод лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разрушению. М.: 1977.
4. ГОСТ 9.049-91. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. М.: 1992.
5. Dechant J, Danz R, Kimmer W, Schmolke R. Ultrarotspektroskopische untersuchungen an polymeren. Akademie-Verlag. Berlin. 1972: 472.

ЭКСТРЕМАЛЬНО КСЕРОФИЛЬНЫЕ ГРИБЫ, ОБНАРУЖЕННЫЕ В МУЗЕЙНЫХ ФОНДАХ

Ребрикова Н.Л., Понизовская В.Б.
Государственный научно-исследовательский институт реставрации, Москва

Микологические обследования, проведенные в последние годы, показали, что достаточно часто в музеях, микроклиматические параметры которых не выходят за пределы допустимых значений, происходит развитие микроскопических грибов. Для музеев, имеющих технические средства обеспечения микроклимата, допустимые значения температуры находятся внутри интервала от 15 – 24 °С, допустимые значения относительной влажности воздуха внутри интервала от 40 до 65%. Одна из форм роста грибов в этих условиях – образование микроколоний светло серого цвета диаметром от одного до нескольких миллиметров.

При микроскопическом исследовании проб микроколоний, обнаруженных на станковой и монументальной живописи, на произведениях прикладного искусства, можно было обнаружить конидии, мицелий, конидиеносцы рода *Aspergillu*s, с однорядными фиалидами, иногда только на верхушке везикула, пенициллоподобные конидиеносцы. Реже клейстототеции, сумки и аскоспоры рода *Eurotiu*m. Часто встречались микроскопические клещи.

Попытки выделения грибов, образующих микроколонии, на стандартные питательные среды для микроскопических грибов были безуспешны. Однако определение количества АТФ (использовали микролюминометр 3560, New Horizons Diagnostic Corporation и набор реактивов «Люмтек») в смывах с объектов, на которых были обнаружены микроколонии, показало, что грибы находятся в жизнеспособном состоянии. Они не выделяются на стандартные питательные среды не в силу отсутствия жизнеспособных клеток в их составе, а по другой причине. Количество АТФ в пробах (табл. 1), взятых с места роста микроколоний, было разным, но во всех случаях оно было в десятки раз больше, чем в контрольных пробах пылевых отложений. В связи с этим были сделаны попытки выделения грибов из состава микроколоний на среды с пониженной активностью воды (a_w).

Изменение активности воды достигали путем добавления в питательную среду осмотически активных веществ – сахарозы и хлорида натрия. Посевы проводили на среду с незначительно пониженной a_w и на среды с резко пониженной a_w (табл. 2). Для предотвращения высыхания среды чашки Петри после посевов герметизировали пленкой парафильм.

В отличие от отрицательных результатов на стандартных средах на среде с незначительно пониженной a_w в небольшом проценте посевов началось развитие медленно растущих колоний. Микроскопическое исследование показало, что морфологические характеристики грибов их образующих соответствуют характеристикам микроколониальных грибов на музейных предметах. Но их росту мешали более быстро растущие ксеротолерантные аэрофильные контаминанты. Грибы, образующие микроколонии, удалось успешно выделить на среды с резко пониженной a_w, независимо от их состава. В 50-100% посевов с музейных предметов началось развитие медленно растущих колоний грибов, микроскопические морфологические признаки которых совпадали с наблюдаемыми при микроскопическом исследовании проб, взятых с места роста микроколоний. На среды с резко пониженной a_w были выделены *Aspergillus penicilloides* Speg., *Eurotium amstelodami* L. Mangin, *Eurotium* sp., которые вследствие неспособности роста на питательных средах с высокой a_w могут быть отнесены к экстремальным ксерофилам. Деление ксерофильных грибов, способных развиваться при $a_w \leq 0{,}85$ на две группы умеренных и экстремальных ксерофилов по признаку способности или неспособности к росту на средах с высокой a_w, предложили (Vinnere Pettersson, O., Leong SL., 2011).

Экологические ниши для развития грибов экстремофилов создаются как в музеях, необорудованных техническими системами поддержания микроклимата, так и в музеях, оборудованных современными системами кондиционирования. Их объединяет то, что в одних в силу естественных причин, в других в силу искусственно создаваемых условий – влажность воздуха может постоянно или периодически находиться вблизи верхней допустимой границы. Кроме того, во всех обследованных музейных помещениях имело место образование застойных зон. В проведенных лабораторных экспериментах развитие грибов в составе поверхностных загрязнений на стекле при $a_w = 0{,}63$ не происходило за все время наблюдений в течение двух лет. При $a_w = 0{,}75$ развивались обильно спороносящие колонии *A. penicilloides*.

Насколько ниже значения $a_w = 0{,}75$ может развиваться *A. penicilloides*? Показано, что он может развиваться в условиях чрезвычайно низкой $a_w = 0{,}68$ (Pitt, Hocking, 1997) и даже при еще более низком уровне $a_w = 0{,}647$ (Williams, Hallsworth, 2009) и это самое низкое значение a_w, при котором вообще возможен рост каких-либо микроорганизмов. Для роста другого выделенного с музейных предметов экстремального ксерофила *E. amstelodami* минимальное значение a_w равно 0,656 (Williams, Hallsworth, 2009). Темп роста экстремальных ксерофилов очень медленный, от сотых до десятых долей мм в сутки, с большой лаг-фазой. Поэтому на музейных предметах экстремальные ксерофилы образуют микроколонии. Приводимые в других работах более низкие значения a_w относятся не к гифальному росту, а только к образованию ростовых трубок. Так, например, *Xeromyces bisporus* образует ростовые трубки при ультранизкой $a_w = 0{,}605$ (Pitt, 1975; Grant, 2004), но дальнейшего роста, образования мицелия не происходит. Появление ростовых трубок указывает на возможность внутриклеточного мета-

Таблица 1. Содержание АТФ в пробах, отобранных с музейных предметов, на которых были обнаружены микроколонии грибов.

Характеристика места отбора пробы	Количество АТФ (пикомоли)
1. Запасник мебели ГТГ. Диван, лакированное дерево, небольшие пылевые отложения (контроль)	0,06
2. Запасник мебели ГТГ. Диван, лакированное дерево, микроколонии грибов	2,26
3. Запасник мебели ГТГ. Витрина, стекло, небольшие пылевые отложения (контроль)	0,07
4. Запасник мебели ГТГ. Круглый стол, лакированное дерево, микроколонии грибов	4,98
5. Запасник мебели, музей-усадьба Кусково. Комод, лакированное дерево, небольшие пылевые отложения (контроль)	0,07
6. Запасник мебели, музей-усадьба Кусково. Комод, лакированное дерево, микроколонии грибов в кракелюрах лакового покрытия	1,17

Таблица 2. Активность воды в средах для выделения грибов.

Концентрация осмотически активного вещества	Активность воды
Сусло-агар, среда Чапека	0,98 – 0,99
Среда Чапека, 30% сахарозы	0,96
Сусло-агар, среда Чапека, 17% NaCl	0,85

болизма при этом уровне a_w, но он недостаточен для роста.

В музейных запасниках, в которых были обнаружены микроколонии грибов, во многих случаях регистрируемые значения a_w были ниже самых низких уровней a_w, при которых может происходить развитие грибов. В связи с этим с помощью логгеров, регистрирующих параметры микроклимата, было проведено исследование с целью проверки предположения, что в запасниках могут образовываться микроклиматические ниши (карманы), в которых микроклиматические параметры будут отличаться от параметров, регистрируемых датчиками, расположенными только в одной или двух точках. Такая ситуация может возникать в запасниках с низкой подвижностью воздуха около окон, наружных или контактирующих с грунтом стен, около пола.

Для выявления карманов логгеры размещали в непосредственной близости от предметов с микроколониями и рядом с музейными датчиками температуры и влажности воздуха. Исследования проводили в запасниках музея-усадьбы Кусково и ГТГ. В запаснике музея-усадьбы Кусково логгеры находились на стеллаже, на уровне 150 см от пола и около пола. Максимальные значения относительной влажности в запаснике регистрировались в начале июля и в конце сентября, начале октября 2014 г. В июле на уровне 150 см от пола они не превышали 61,9%, в начале октября 63,7%, таким образом, оставаясь в границах допустимых. Максимальная разница среднесуточных значений температуры и относительной влажности между стеллажом и полом в начале июля составляла около 2,1 °С и 6,6%, в начале октября – 1,4 °С и 5,7%, в отдельные дни превышая допустимые значения, вследствие чего в этой зоне существовали условия для развития экстремальных ксерофилов. В запаснике мебели ГТГ в ноябре 2014 г. было выявлено кратковременное в течение суток превышение допустимых значений относительной влажности до уровня 67,6% на уровне 30 см пола.

В результате проведенного исследования показано, что для обеспечения микологической безопасности музейных фондов необходимо снизить верхнюю допустимую границу интервала относительной влажности воздуха до 60%. Чтобы исключить возможность образования микроклиматических карманов с параметрами, выходящими за рамки допустимых, подвижность воздуха должна быть не меньше 0,1м/сек во всех зонах запасника. Между музейными предметами, хранящимися на стеллажах, внешними стенами и полом, которые имеют более низкую температуру, чем другие ограждающие конструкции, должен быть достаточный воздушный зазор.

Список литературы

1. Pettersson OV, Su-lin L. Fungal Xerophiles (Osmophiles). In: eLS John Wiley & Sons Ltd: Chichester. 2011) doi: 10.1002/9780470015902.a0000376.pub2

2. Williams JP, Hallsworth JE. Limits of life in hostile environments: no barriers to biosphere fuction? Environ. microbiol. 2009; 11(12): 3292-3308
3. Pitt JI, Hocking AD. Xerophiles. In Fungi and Food Spoilage. London, UK: Blackie Acad & Professional. 1997: 339
4. Pitt J.I. Xerophilic fungi and spoilage of foods of plant origin. In Water Relations of Foods 1st edn. Duckworth RB (ed.). New York, USA: Acad Press. 1975: 273-307.
5. Grant W.D. (2004) Life at low water activity, Philos Trans R Soc Lond. B. Biol Sci. 359: 1249-66.

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКОБИОТЫ НА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И ПОВЕРХНОСТЯХ ПОМЕЩЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Смирнов А.Н., Кузнецов С.А., Зайцев Д.В.
Сектор фитопатологии кафедры защиты растений РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,

Конструктивные элементы и поверхности помещений обычно содержат минимальное количество плесневых грибов и дрожжеподобных микроорганизмов. Ситуация резко меняется в следующих случаях: разгерметизации конструктивных элементов, заливах, нарушении технологии строительства и эксплуатации зданий. Создаются условия, при которых достигается значительное увлажнение субстратов. В этих условиях количество микроорганизмов резко возрастает.

Цель работы – рассмотреть часто встречающиеся на конструктивных элементах и поверхностях помещений грибы и грибоподобные организмы, оценить их вредоносный потенциал для здоровья людей и возможности биодеградации поверхностей.

Микологические описания и идентификация. При исследованиях конструктивных элементов и поверхностей обнаружили следующие структуры.

1. Шаровидные плодовые тела до 150–200 мкм в диаметре с большим количеством многоклеточных гиф-волосков, образующие скопления в виде черных плотных агрегаций или коросту, напоминающую корочку. Они идентифицированы как сумчатый гриб *Chaetomium*.

2. Темно окрашенные многоклеточные мицелии с веерными спороношениями и темно окрашенными конидиями овальной формы в длину до 8–10 мкм и ширину до 4 мкм. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Stachybotrys*.

3. Коричневые конидии в цепочках до 5–7 мкм в диаметре неправильной шаровидной формы, в цокольном этаже, обнаружено характерное спороношение. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Cladosporium* spp.

4. Мелкие одноклеточные споры лимоновидной формы на клеточных гифах. Они идентифицированы как *Ophiostoma*.

5. Палочковидные слабо изогнутые конидии в длину до 12 мкм, в деформированном и подавленном состоянии. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб Fusarium.

6. Темно окрашенные бутылковидные многоклеточные конидиями в длину до 25 мкм и ширину до 8 мкм. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Alternaria*.

7. Широкоовальные коричневые многоклеточные конидии размером до 15 мкм с гладкой оболочкой. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Stemphilium*.

8. Широкоовальные коричневые многоклеточные конидии размером до 20 мкм с шиповатой оболочкой. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Ulocladium*.

9. Узкокоовальные лодочковидные коричневые многоклеточные конидии размером до 15 мкм с гладкой оболочкой. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Helmintosporium*.

10. Шаровидные спороношения на гифах или отдельно, напоминающие пузыри, на которых образуются шаровидные или овальные конидии со слабо шиповатой оболочкой до 4 мкм в диаметре. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Aspergillus* spp.

11. Веерные спороношения, на котором в цепочках образуются шаровидные конидии до 3–4 мкм в диаметре. Они идентифицированы как несовершенный плесневый гриб *Penicillium*.

12. Конидии, образующие цепочки одиночные или смыкающиеся в виде параллельных рядов, образующие многоклеточные клубки или двуклеточные структуры. Они идентифицированы как несовершенный гриб *Trimmatostroma*.

13. Толстые неклеточные гифы, бесцветные или слабокоричневые. Они идентифицированы как плесневые грибы *Mucor* и *Rhizopus*.

14. Слаборазвитые мицелии, заканчивающиеся терминальной шаровидной клеткой до 5 мкм в диаметре. Они идентифицированы как дрожжеподобный микроорганизм *Torulomyces*.

15. Широкоовальные почкующиеся клетки до 4 мкм в диаметре. Они идентифицированы как дрожжеподобный микроорганизм *Rhodotorula*.

16. Ветвящиеся мицелии с отпочковывающимися к краю клетками. Они идентифицированы как дрожжеподобный микроорганизм *Candid*a (или близкий род).

Доминирующие группы. Проведенные обследования выявили три доминирующие систематические группы: (1) Гифомицеты, преимущественно темноокрашенные; (2) Мукоровые грибы и (3) Дрожжи.

Приуроченность к субстратам. На и под обоями в бетонной крошке часто встречались грибы из рода *Stachybotrys*. В разлагающейся древесине находили грибы *Trimmatostroma*, иногда – домовые грибы. При глубокой синеве древесины бруса обнаруживали грибы рода *Ophiostoma*. На коже, материях, уплотнителях и утеплителях обнаруживали мукоровые грибы, аспергиллы и пенициллы. На органических субстратах и субстратах, контактирующих с ними, находили дрожжеподобные микроорганизмы, нередко демонстрирующие мицелиально-дрожжевой диморфизм. Остальные грибы обнаруживали на разных субстратах – наиболее часто – альтернария-подобные гифомицеты, аспергиллы, пенициллы и грибы из рода *Cladosporium*.

Способность к биодеструкции. Визуальные осмотры и проводимые исследования в разных городах и регионах России показали, что это явление выражено в значительной степени. Развитие грибов на субстратах имело системный характер и приводило их в негодность. Как правило, такие субстраты требовали ремонтной замены до наружных слоев штукатурки. Однако зафиксированы и очень тревожные случаи восходящего биоразрушения: почернения, разъедания и крошения несущей кирпичной стены московского 5-этажного дома с участием грибов рода *Cladosporium*. Известны случаи плесневения значительной части конструктивных элементов деревянных домов из бруса.

Опасность для здоровья. Таким образом, развитие плесеней представляет существенную опасность для здоровья людей, особенно с ослабленным иммунитетом и вызывающих очень большой спектр опасных заболеваний, представляющих и реальную и потенциальную опасность для здоровья людей, длительное время находящихся в обследуемых помещениях.

Данный выявленный конгломерат плесневых грибов активен и весьма опасен для здоровья. Для этих грибов есть ограниченные условия последующего распространения, поэтому опасность для здоровья не будет снижаться. В группы риска подпадают лица с ослабленным иммунитетом, дети до 14 лет, больные аллергики и т.п. и пожилые люди – контингент с потенциально ослабленным иммунитетом от 50 лет и старше.

Отдельно акцентируем, что особенно опасен факт обнаружения грибов рода *Stachybotrys*. Это крайне опасный возбудитель болезней человека, включая глубокие микозы. К нему приковано внимание медицинских микологов.

Проблемы видовой идентификации. В настоящее время грибы становится идентифицировать до вида довольно трудно. Это связано с тем, что концепция вида у грибов до конца не разработана, так как не совсем понятны различия между особью и популяцией грибов. Другой вопрос – принимать ли как рабочие систематические единицы виды-линнеоны (sensu lato) или виды-жорданоны (sensu stricto). Имеется довольно мало ключей и атласов, опираясь на которые можно проводить морфологические идентификации. Наконец, молекулярно-генетическая методология входит в противоречия с морфологическими идентификациями, много противоречий, нестыковок и невоспроизводимостей и в пределах молекулярно-генетической методологии. Поэтому в силу отмеченных проблем реальной рабочей систематической единицей остается таксон родового уровня.

Заключение. В рамках исследований по санитарной микологии установлено, что плесневые грибы и дрожжеподобные микроорганизмы представляют собой существенную социальную опасность. При нарушении регламентов строительства и эксплуатации помещений они начинают развиваться, представляя опасность как для людей, так и для помещений. В группу риска подпадают такие объекты как медицинские учреждения, гостиницы и даже международная космическая станция. Но проблема стоит таким образом, что риску подвержены любые помещения и мы имеем дело с потенциально опасной массовой проблемой, которая может коснуться любой жилищный объект и любую группу людей.

В этой связи необходимо создание современных ГОСТ и руководящих документов, регламентирующих данную проблематику.

Развитие плесневых инфекций идет по сопряженному типу – при тех или иных технологических нарушениях, ведущих к увлажнению конструктивных элементов и поверхностей. В нормальных штатных условиях развитие плесневых грибов отсутствует.

В плане установленного родового состава интересно, что обнаруженные роды грибов весьма актуальны в фитопатологической практике.

Острота проблемы подтверждает известную точку зрения, кто в чей мир проникает – плесень в мир человека или человек в мир плесени.

ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА «ТЕФЛЕКС» НА ЭКЗООКСИДОРЕДУКТАЗЫ ГРИБОВ ДЕСТРУКТОРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н., Захарова Е.А., Аникина Н.А., Зотов К.А., Ерофеев В.Т.
ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород

В настоящий момент, защита промышленных и строительных материалов от микробиологических повреждений (вызываемых, в первую очередь, микроскопическими грибами) в основном осуществляется путем введения в их состав специальных биоцидных присадок. В последнее время широкое применение нашли препараты на основе полиалкиленгуанидинов [1], в частности препарат «Тефлекс», который успеш-

но используется для защиты различных строительных материалов на основе карбамидных, фенолформальдегидных и эпоксидных смол. Известно, что одними из агрессивных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в деструкции различных строительных композитов являются экзоферменты. Среди них особая роль принадлежит оксидоредуктазам, таким как каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза.

Цель работы – исследование ингибирующего действия препарата «Тефлекс» на активность экзооксидоредуктаз грибов *Aspergillus fumigatus, Stemphylium verruculosum, Tr. koningii* и *Paecilomyces carneus* активных биодеструкторов строительных композитов. Концентрация препарата «Тефлекс» (0,5 масс.%.) и время культивирования выбирались экспериментально. Биоцид вводили в среду культивирования грибов на 3-и сутки (in vivo).

Исследования влияния препарата на фенолоксидазную активность проводили на 7-е сут при оптимальном значении pH (7,4) для всех четырех видов грибов, на пероксидазную активность при pH 4,6 у *Aspergillus fumigatus* на 19-е, *Stemphylium verruculosum, Paecilomyces carneus, Trichoderma koningii* при pH 5,4, на 7-е сут культивирования.

Действие фунгицида на каталазную активность оценивали для гриба *Aspergillus fumigatus* на 19-е сут при pH 7,4, для *Stemphylium verruculosum* и *T. koningii* на 19-е сут при pH 8,0, для *Paecilomyces carneus* на 16-е при pH 6,8.

Результаты исследований данной серии опытов показали, что «Тефлекс» проявлял ингибирующее действие на экзооксидоредуктазы грибов. Однако ингибирующий эффект был специфичен для каждого гриба:

- фенолоксидазы гриба *Aspergillus fumigatus* снижали активность в 1,4 раза, Paecilomyces carneus – в 1,6 раза, *Tr. koningii* – в 2,0 раза, *Stemphylium verruculosum* – в 4,2 раза ;
- каталазная активность гриба *Paecilomyces carneus* подавлялась в 1,8 раза, *Tr. koningii* – в 2,2 раза, *Stemphylium verruculosum* – в 9,3 раза, *Aspergillus fumigatus* – в 23,9 раза;
- активность пероксидазы *Aspergillus fumigatus* снижалась в 3,4 раза, *Tr. koningii* – в 4.6 раз, *Paecilomyces carneus* – в 9,9 раз, *Stemphylium verruculosum* в 43,7 раз;

Препарат «Тефлекс» относится к четвертичным аммониевым соединениям. Известно, что данные соединения способны нарушать третичную структуру ферментов и, таким образом, вызывать денатурацию белков [2]. Кроме этого, данные соединения влияют на структуру плазматических мембран клетки гриба и тормозят выход экзоферментов (в том числе и экзооксидоредуктаз) из клетки.

Таким образом, проведенные нами экспериментальные результаты показывают обоснованность использования «Тефлекс» в качестве средства защиты различных промышленных материалов от микробиологического повреждений грибами.

Это было подтверждено нами при защите данным препаратом строительных композитов на основе карбамидных, фенолформальдегидных и эпоксидных смол. Однако необходимо помнить, что эффективность защиты строительных материалов с помощью данного соединения основывается не только на способности последнего подавлять рост грибов деструкторов. Необходимо так же учитывать совместимость биоцида с защищаемым материалом и влияние его на основные физико-технические характеристики.

Список литературы

1. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина. Под ред. П.Г. Комохова и др. СПб.: Наука. 2009: 192 с.
2. Сухаревич В. И. Защита от биоповреждений, вызываемых грибами. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2009: 207 с.

СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ СВЕТОПРИНИЦАЕМОЙ ЭТИЛЕН-ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

Суббота А.Г.[1], Чуенко А.И.[1], Гринберг М.Л.[2], Остапюк С.Н.[3], Наконечная Л.Т.[1], Письменная Ю.Б.[1]

[1]Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАНУ, Киев

[2]НТЦ оценки соответствия «БУДЦЕНТР», Киев

[3]Институт химии высокомолекулярных соединений НАНУ, Киев

В последние годы на европейском рынке значительно вырос спрос на фторполимерные пленки для специальных сфер применения, таких как автомобильная промышленность, авиация и космонавтика, производство полупроводников, химическая отрасль, архитектура и строительство. Благодаря своим безупречным механическим свойствам и высокой устойчивости к атмосферному, температурному и химическому воздействию, данные пленки можно использовать в тех областях, для которых традиционная продукция не может быть применена [1]. На сегодняшний день новый материал – этилен-тетрафторэтиленовая светопроницаемая пленка (ETFE) широко применяется вместо традиционного стекла для покрытия атриумов, фасадов и купольных сооружений с основным металлическим каркасом. Функциональное назначение таких объектов весьма разнообразное: выставочные и производственные помещения, исследовательские, медицинские и культурно-образовательные заведения, жилые дома, офисные и торгово-развлекательные

центры, аквапарки, бассейны, ботанические сады, и другие помещения, тесно связанные с жизнедеятельностью человека [1, 2]. Для предупреждения биоповреждения все новые строительные материалы, наряду с другими видами испытаний обязательно должны проходить проверку на стойкость к воздействию микроскопических грибов [2].

Микроскопические грибы широко распространены в природе и легко приспосабливаются к разным условиям окружающей среды. Из воздуха споры грибов оседают на поверхность материалов вместе с пылью. С появлением конденсационной влаги, атмосферных осадков или при высокой относительной влажности воздуха начинается процесс их прорастания. Основой механизма адаптации грибов к экологическим условиям является способность выделять комплекс экзоферментов и органических кислот, способных разрушать разные материалы [3–6].

Цель работы – исследование грибостойкости прозрачной пленки ETFE, внедряемой в конструкционном строительстве в Украине.

Задачей исследования было определение фунгицидных и фунгистатических свойств пленки, установление степени колонизации тест-культурами микроскопических грибов фрагментов пленки в течение 5 месяцев, изучение влияние микроскопических грибов на компонентный состав пленки с использованием ИК спектроскопии.

Объектом исследований была светопроницаемая пленка ETFE, зарубежного производства. Фрагменты пленки ETFE, размером 5×5 см, очищали 70% этанолом от внешних загрязнений и искусственно заражали суспензией микроскопических грибов с содержанием 1×10^6 спор в 1 мл раствора минеральных солей, согласно метода 2 ГОСТ 9.049-91 [7]. Сущность метода заключается в том, что для грибов создается имитация минерального загрязнения материала. Для эксперимента были взяты следующие виды грибов: *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus oryzae* (Achlburg) Cohn, *Aspergillus penicilloides* Speg., *Aspergillus terreus* Thom, *Chaetomium globosum* Kunze, *Paecilomyces variotii* Bainier, *Penicillium aurantiogriseum* Westling, *P. funiculosum* Thom, *P. chrysogenum* Thom, *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Grey. Контрольные и инокулированные споровой суспензией образцы выдерживали в эксикаторах в условиях термостата при температуре 29±2°С и относительной влажности воздуха внутри эксикатора до 98% [7]. Испытание длилось 5 мес с периодическим контролем состояния материала пленки. Степень устойчивости пленки к воздействию микроскопических грибов оценивалась по интенсивности роста грибов на поверхности фрагментов визуально и при увеличении микроскопа в 56 раз по 6-балльной шкале согласно стандарту [8]. Фунгицидные и фунгистатические свойства пленки определяли в соответствии с методом 3 ГОСТ 9.049-91 [7]. Кроме того, не очищенные от внешних загрязнений образцы ETFE размещали на агаризованные питательные среды в чашки Петри для выявления возможного обсеменения пленки спорами микроскопических грибов.

Влияние микромицетов на компонентный состав пленки изучали с использованием ИК спектроскопии. ИК спектры регистрировали методом нарушенного полного внутреннего отражения на приставке ATR с использованием кристалла ZnSe на спектрометре “TENSOR-37” [9].

Установлено, что через 28 сут на опытных фрагментах наблюдалось развитие грибов, мицелий которых покрывал более 25% их поверхности. Степень обрастания была оценена в 5 баллов, в то время как на контрольных фрагментах, под влиянием только высокой относительной влажности воздуха и температуры, рост грибов отсутствовал.

В результате исследования возможного обсеменения не очищенных от внешнего загрязнения фрагментов пленки обнаружено наличие микобиоты, а именно: *Alternaria sp., Aspergillus flavus* Link (доминирующий вид), *A. niger* Tiegh., *A. terreus* Thom, *Penicillium* sp., *Mycelia sterilia* (dark), *Mycelia sterilia* (white). Большинство отмеченых видов отнесено к IV и III группе патогенности, они являются продуцентами микотоксинов, что свидетельствует об их потенциальной опасности для здоровья человека [10, 11]. Таким образом, было выявлено, что грибы могут расти на пленке ETFE при условии наличия минерального загрязнения. Судить об их деструктивном воздействии на пленку можно лишь при увеличении срока наблюдения.

На следующем этапе эксперимента прослеживался рост микроскопических грибов в течение 140 сут (5 мес), изучалась вероятность воздействие грибов на компонентный состав пленки методом ИК спектроскопии.

С использованием ИК спектроскопии установлена идентичность спектров контрольных фрагментов ETFE (СК и ВК) и фрагментов образца этого материала (О), который в течение 5 мес находился под воздействием микроскопических грибов, что свидетельствовало об отсутствии изменений в его компонентном составе (табл. 1, рис. 1).

После 140 сут эксперимента интенсивность развития тест-культур микромицетов значительно увеличилась. Это свидетельствует о том, что материал пленки не обладает фунгицидными свойствами и не имеет сопротивления по отношению к грибам. В конце эксперимента наблюдалось интенсивное развитие мицелия и спороносных структур на 100% поверхности фрагментов пленки, что повлияло на её прозрачность. После очищения пленки от мицелия и её осмотра под микроскопом (×56) признаков биодеструкции на её поверхности выявлено не было.

Таким образом, установлено, что на поверхности образца пленки ETFE в условиях минерального загрязнения при относительной влажности воздуха выше 90 % и температуре 29±2 °С (подобные условия поддерживаются в оранжереях тропических растений) возможно интенсивное развитие условно патогенных микроскопических грибов *Alternari*a sp., *Aspergillus flavus*, *A. niger, A. terreus, Penicillium* sp., которые не вызывают механических повреждений и изменений компонентного состава пленки, однако снижают оптические

Таблица 1. Интерпретация ИК спектрограммы образца ETFE под влиянием микроскопических грибов

№ п/п	Частота колебаний, $см^{-1}$	Соответствие колебания химической группе	Интенсивность поглощения, %		
			СК	ВК	О
1	1323	Деформационные –CH=	0,07	0,07	0,08
2	1248	Близко к деформационным –CH=	0,13	0,13	0,15
3	1164	Валентные $–CF_2$	0,20	0,21	0,24
4	1120	$–CF_2$	0,11	0,12	0,13
5	1038	Деформационные $–CF_2$	0,26	0,26	0,31
6	970	Деформационные $–CH_2$	0,17	0,17	0,19

Рисунок 1. ИК-спектрограмма образца ETFE после воздействия микроскопических грибов в течение 5 мес.

свойства данного материала. Пораженная микроскопическими грибами пленка может представлять существенную угрозу для здоровья людей и ухудшать санитарное состояние помещений. Следует минимизировать вредоносное влияние грибов и разработать ряд особых мероприятий относительно контроля состояния пленочных систем. Чтобы предупредить риск от воздействия микотоксинов и возбудителей микозов необходимо предусмотреть специализированные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Возможно, что влияние грибов на этилен-тетрафторэтиленовую пленку (ETFE) после многолетней эксплуатации может быть более деструктивным, что нуждается в дополнительных исследованиях.

Список литературы

1. Пленки для специальных сфер применения. Пластикс. 2012; 114(8): 52-3.
2. Лугаускас А.Ю., Микульскене А.И., Шляужене Д.Ю. Каталог микромицетов-биодеструкторов полимерных материалов. М.: Наука. 1987: 341 с.
3. Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. К.: Наук. думка. 1980: 287 с.
4. Козлова И.А., Пиляшенко-Новохатный А.И., Жданова Н.Н., Суббота А.Г. Биокоррозия металлов. Неорганическое материаловедение. В 2 тт. Т.1 Основы науки о материалах. К.: ІПМ. 2008: 675-90.
5. Коваль Э.З., Сидоренко Л. П. Микодеструкторы промышленных материалов. К.: Наук. думка. 1989: 192 с.
6. ГОСТ 9.048-89. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. Действующий от 1989-26-06. М.: «Изд. стандартов». 1989: 22 с.
7. ГОСТ 9.049-91. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. Действующий от 1991-12-28. М.: ИПК «Изд. стандартов». 1992: 14 с.
8. Васильев А.В., Гриненко Е.В., Щукин А.О. и др. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений. СПб.: СПб ГЛТА, 2007: 54 с.
9. Зайченко А.М. Андриенко Е.В., Цыганенко Е.С. Макроциклические трихотеценовые микотоксины. К.: Наук. думка, 2008: 248 с.
10. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Грибковые инфекции. М.: БИНОМ. 2008: 480 с.

ГРИБЫ-ДЕСТРУКТОРЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ 16–17 вв. г. СВИЯЖСКА (ТАТАРСТАН, РОССИЯ)

Тухбатова Р.И.[1], Храмченкова Р.Х.[2]

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет

[2]Институт археологии АНРТ, Казань

В повреждении архитектурных сооружений значительную роль играют микроорганизмы, главным образом плесневые грибы. Биоразрушение строительных материалов, особенно древесины, является одной из ключевых проблем, от решения которой нередко зависит сохранение памятников истории.

Для составления реставрационных проектов объектов архитектуры необходимо обследование конструктивных элементов исторических зданий с выявлением состава биодеструкторов. Их идентификация на видовом уровне и изучение физиолого-биохимических особенностей даст возможность разработать новые методы защиты.

Известно более 2000 видов грибов, вызывающих гнили древесины. В процессе своей жизнедеятельности они подготавливают древесину для поражения более крупными биодеструкторами. Эти микромицеты различаются по степени и скорости разложения основных компонентов древесины, обеспечивающих ее механическую прочность как строительного материала: лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы явилось определение видового состава микромицетных грибов в древесине 16–17 вв. г. Свияжска и их физиолого-биохимическая характеристика.

Методом серийных разведений из образцов древесины 16–17 вв. г. Свияжска было выделено 73 штамма микромицетов. В структуре микромицетного сообщества, населяющего древесину 16–17 вв. г. Свияжск, по результатам морфологического анализа преобладали грибы рода *Verticillium, Botrytis* и *Chaetomium*. К типичным видам отнесены представители родов *Trichoderma, Cladosporium и Monilia*, к часто встречающимся – *Aspergillus, Fusarium, Penicillium*, к редким – *Alternaria*.

Далее мы провели молекулярно-генетический анализ для более точной идентификации грибов. Из 16 образцов древесины была выделена тотальная ДНК. По результатам ПЦР с общегрибными праймерами было получено 62 продукта различной молекулярной массы (в районе 500 п.н., от 200 до 400 п.н.). Далее была проведена очистка ПЦР-фрагментов из геля и секвенирование. Выделенные штаммы были отнесены к следующим видам *Trichoderma asperellum, T. koningiopsis, T. atroviride, T. harzianum, T. saturnisporum, Fusarium oxysporum, F. solani, F. foetens. Aspergillus candidum, Gliocladium roseum, Penicillium tardum, Phoma betae, Cladosporium herbarum, Acremonium spp., Candida spp.*

В ходе дальнейшей работы мы провели качественные реакции на наличие у выделенных штаммов целлюлолитической и лигнинразрушающей активностей.

В ходе работы мы определили, что наибольшую целлюлолитическую активность проявляют штаммы *T. atriviride* и *T. harzianum*, а лигнинразрушающую – *T. atriviride* и *T. harzianum*.

Работа выполнена в рамках государственной программы «Повышение конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров».

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА БИОСИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ МИЦЕЛИАЛЬНОГО ГРИБА *TRICHODERMA HARZIANUM* 1

Умаров Б.Р.
Институт микробиологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Растительные отходы сельского хозяйства и различных отраслей промышленности являются доминирующим видом потенциального растительного сырья для микробиологической конверсии. Микромицеты играют огромную роль в биодеградации различных лигноцеллюлозных отходов и могут быть использованы в биотехнологии при технологии производства целлюлолитических ферментов и, в частности, получения различных соединении, в том числе гемицеллюлаз, которым отводится важная роль при переработке растительного сырья. Одной из важнейших задач является подбор оптимальных по составу питательных сред и условий культивирования продуцента.

Известно, что мицелиальные грибы *Trichoderma harzianum* являются продуцентами активного комплекса целлюлолитических ферментов, а также имеются сообщения о способности образовывать данным грибом внеклеточной ксилиназы [1].

Цель работы – выделение и изучение комплекса целлюлолитических ферментов; гемицеллюлазы (КФ 3.2.18), экзоглюканазы (КФ 3.2.1.91), эндо-1,4-β-глюканазы (КФ 3.2.1.7) и целлобиазы (1,3-β -глюкозидазы) (КФ 3.2.1.21) у местного штамма гриба *Trichoderma harzianum* 1, выращенного в условиях поверхностного культивирования на пшеничных отрубях гидролизующих основные компоненты клеточной стенки растительных отходов.

Исследуемый нами штамм *T. harzianum* 1 был получен из коллекции Института микробиологии АН РУ. Посевной материал штамма гриба *T. harzianum* 1 выращивали на среде Чапека при 30 °С в течение 7 сут. Засев проводили 1 мл суспензии с плотностью $1x10^8$ спор/мл смытого с агара водой. Культивирование гриба *T. harzianum* 1 проводили в колбах Эрленмейера объемом 500 мл, содержащих 50 г пшеничных отрубей как источника углерода, увлаженных до 60–65%, среду Mandels [2], pH 5,5, на качалке при 200 кач./мин. в течение четырех суток при температуре 30 °С. Ферментативную активность определяли по методу Сомоджи–Нельсона [3, 4]. Гемицеллюлазную активность определяли в 1мл культуральной жидкости, добавляя 1 мл раствора гемицеллюлозу. Экзоглюканазную активность определяли по обезвоженному хлопковому волокну. Эндоглюканазная активность была определена действием фермента на КМЦ. β-Глюкозидазную активность определяли на целлобиозе. Общее количество белка определяли по методу М. Бредфорда [5]. Электрофорез проводили в денатурирующих условиях в 10%-ном ПААГ по Лэммли [6].

Целлюлолитическая активная высокобелковая биомасса штамма *T. harzianum* 1 была получена после 72-часовой ферментации при 30 °С. Культуральная жидкость штамма *T. harzianum* 1 получена после добавления в биомассу дистиллированной воды в соотношении 1:10 и гидролизованной ещё в течение 2-х часов. Прозрачную культуральную жидкость от биомассы отделяли после фильтрации через капроновую сеть и стеклянный фильтр №3 центрифугированием при 10 000 об/мин в течение 15 мин.

Разделение активной белковой фракции проводили методом ионообменной хроматографии на колонке (1,6×15 см) с DEAE-TOYOPEARL 650 M гелем (TOKYO-JAPAN), уравновешенной с 0,01 М натрий ацетатным буфером с pH 5,5.

При культивирование гриба *T. harzianum* 1 на среде с пшеничными отрубями образуются цллюлолитические ферменты. Эти ферменты индуцируются также растворимыми целлодекстринами, в том числе целлобиозой и некоторыми трисахаридами, в состав которых входит целлобиоза. Деструкция целлюлозы и ее производных при росте гриба на целлюлозе образуется фермент в небольших количествах и медленно расщепляет целлюлозу до целлобиозы, которая индуцирует дальнейший синтез фермента.

Пшеничные отруби, которые были использованы в наших экспериментах в качестве единственного источника углерода, наполовину состоят из пищевых волокон и содержат 28–30% гемицеллюлозы, около 10% целлюлозы, 3% лигнина и 2% пектина, а также ценные питательные вещества: растительные белки, крахмал, витамины. В процессе роста микроорганизмов ферменты выделяются в среду питания.

Целлюлолитическая активность в прозрачной культуральной жидкости в начале эксперимента составляла 5,35 Ед/мг субстрата. Для разделения комплекса целлюлолитических ферментов использовали метод ионообменной хроматографии. Чистую культуральную жидкость наносили на колонку (1,6×15 см), заполненную с DEAE-TOYOPEARL 650M гелем, предварительно уравновешенную 0,01 М натрий ацетатным буфером pH 5,5 и проводили хроматографию.

После осаждения белкового комплекса на DEAE-TOYOPEARL 650 M гель, адсорбированные ферментные комплексы из колонки элюировали ацетатным буфером, постепенно увеличивая плотность раствора (с 0 до 1,0 моль), создавая линейный градиент с 1M NaCl со скоростью потока 30 мл/ч. Фракции собирали по 3 мл. Оптическую плотность элюируемых белков измеряли при длине волны 280 нм. Во всех фракциях определяли активность целлюлолитических ферментов.

Фракции 7, 8, 9 и 10 показали гемицеллюлазную активность 10,4 Ед/мг субстрата, фракции 8, 9 и 10 обладали экзоглюканазной активностью 9,7 Ед/мг субстрата, фракции 6, 7, 8 и 9 показали эндоглюканазную активность 6,7 Ед/мг субстрата и фракции 8, 9 и10 обладали 1,4β-глюкозидазную активность 6,5 Ед/мг

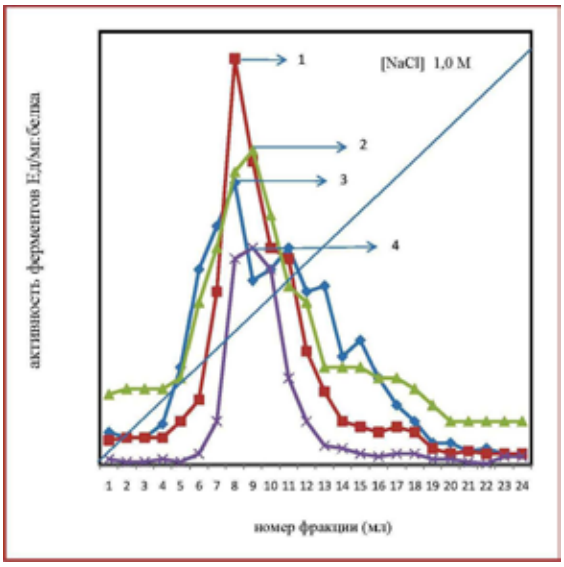


Рис. 1. Ионообменная хроматография КЖ на DEAE-TOYOPEARL 650M геле в линейном градиенте концентрации NaCl (0–1,0 М) в 0,01М Na-ацетатном буфере pH 4,9.
1. Гемицеллюлазная активность 10.4 ед/мг субстрата;
2. Экзоглюканазная активность 9.7 ед/мг субстрата;
3. Эндоглюканазная активность 6.7 ед/мг субстрата;
4. 1,4b глюказидазная активность 6,5 ед/мг субстрата

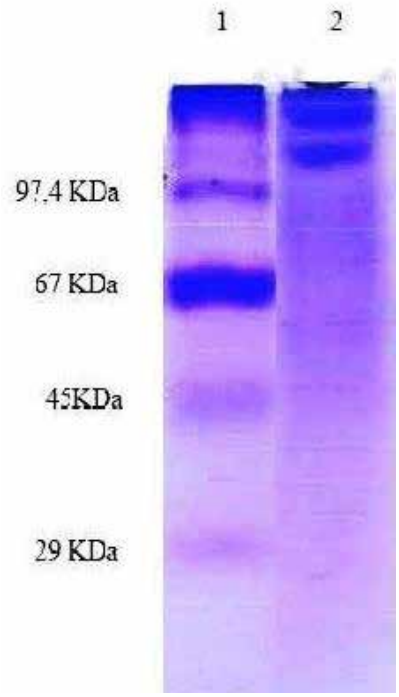


Рис. 2. Электрофореграмма объединенной фракции целлюлолитической активности.
1. Маркерные белки с молекулярной массой от 29 до 84 кДа;
2. Объединенные фракции 7–11.

субстрата. Результаты ионообменной хроматографии и электрофорез объединенной фракции, обладающие целлюлолитической активности представлены в рис. 1. На рис. 2. представлена электрофоретическое разделение объединенных фракций 7–11, обладающих целлюлолитическими активностями.

В работах М.Ф. Борисенкова с соавторами показано, что при выращиваний штамма *Trichoderma viride* ВКПМ 13/10 в твердофазном культивировании были получены лигноуглеводные комплексы, тесно сцепленные между собой [7].

Полное разделение всех компонентов целлюлазы и выяснение их роли является трудной задачей, тем не менее, все большее число исследователей начинает понимать, что ферментативная активность – это результат действия группы ферментов, а не одного фермента [8, 9].

Т. обр., исследуемый штамм *T. harzianum* 1, обладает способностью продуцировать комплекс высокоактивных целлюлаз, включающий эндоглюканазу, целлобиазу (β-глюкозидазы), гемицеллюлазу и экзоглюканазу, что создает возможность получения активного комплекса ферментов, гидролизующих основные компоненты клеточной стенки растений, осуществляющих биодеградацию целлюлозо- и гемицеллюлозосодержащих субстратов, в том числе отходов промышленности и сельского хозяйства, Эти ферменты осуществляют конверсию растительной биомассы и получение сахаров, биоэтанола и могут применяться в качестве добавок в корма, для силосования кормов в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Ларина Л.Н., Павлова Н.М., Шишкова Э.А. и др. Влияние условий культивирования на биосинтез ксиланазы и целлюлазы микроскопическим грибом Trichoderma viride 44-11-62/3k. Совр. микол. в России. 2002; 1: 300.
2. Mandels M., Reese ET. J Bacteriol. 1957; 73: 269-78.
3. Somogyi M. Notes on sugar determination. J Biol Chem. 1952; 195: 19-28
4. Nelson N.J. Photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J Biol Chem. 1944; 1: 375.
5. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem. 1976; 72: 248-54.
6. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly af the head of Bacteriophage. Nature.1970; 4(5257) [227]: 680-85.
7. Борисенков М.Ф., Шубаков А.А., Кочева Л.С., Карманов А.П. Действия ферментов на солому. Химия растительного сырья. 2011; 4: 19-23
8. Рузметова Д.Е. Исследование целлюлолитических ферментов гриба Aspergillus terreus, Автореф. дисс….канд. биол. наук. Ташкент. 2011: 25 с.
9. Синицын А.П., Синицына О.А., Рожкова А.М и др. Комплекс ферментов для эффективного осахаривания лигноцеллюлозных материалов. Мат. 2-го межд. Конгресса-партнеринга... Москва. 2010, 13–15 апр. М. 2010: 162.

ЦЕЛЛЮЛАЗНАЯ И КСИЛАНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ И ПОЧВЕННЫХ ШТАММОВ *PENICILLIUM FUNICULOSUM* THOM

Юрьева Е.М., Сырчин С.А., Харкевич Е.С., Павличенко А.К., Курченко И.Н.
Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАНУ, Киев

Целлюлоза является наиболее распространенным природным полимером на Земле. Известно, что растительная биомасса состоит в основном из трех типов полимеров: целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Целлюлозолитические ферменты играют важную роль в биодеградации растительной биомассы. Среди перспективных продуцентов целлюлаз особое место занимают микромицеты родов *Trichoderma, Fusarium, Humicola, Aspergillus, Penicillium* вследствие их способности к значительному синтезу внеклеточных целлюлаз и гемицеллюлаз [1–4]. Источником накопления фитопатогенов могут быть также растительные остатки, гидролиз которых, в том числе и для получения более доступных кормов для животных и сахарных сиропов, является актуальной проблемой.

Penicillium funiculosum – широко распространенный микроскопический гриб, его выделяют из разных типов почв, растений и их остатков [5]. Он встречается на технических материалах и памятках искусства [6]. *P. funiculosum* продуцирует ряд ферментов, в том числе целлюлазы и глюкозооксидазу, которая используется в медицинской диагностике и пищевой промышленности [7–10]. Метаболиты *P. funiculosum* характеризуются антибактериальным, антифунгальным, противовирусным действием; среди них стимуляторы роста растений (гиббереллины, индолил-3-уксусную кислота) [5]. В наших исследованиях установлено, что этот вид входит в состав комплекса эндофитов растений сфагновых болот Полесья Украины. Отмечают активизацию целлюлазной активности эндофитных грибов этого вида особенно на опаде [11]. Поэтому изучение целлюлазной и ксиланазной активности эндофитных и почвенных штаммов *P. funiculosum* является перспективным направлением исследований.

Объектами изучения были 16 шт. *P. funiculosum* двух трофических групп из коллекции культур микроскопических грибов отдела физиологии и систематики микромицетов Института микробиологии и вирусологии НАН Украины. Культуры *P. funiculosum* выращивали в чашках Петри при 26±2°С в течение 3–10 сут. Ферментативную активность определяли качественным методом, разработанным в лаборатории физиологии грибов Института ботаники Регенсбургского университета (ФРГ) [12, 13]. По ширине зоны просветления среды ферментативная активность условно распределена нами на три группы: слабая – зона ≥ 2 мм; умеренная – 2,1 – 6,9 мм; высокая (≤ 7 мм).

Установлено, что у всех эндофитов целлюлазная активность была умеренной, у почвенных штаммов *P. funiculosum* наблюдали спектр активности – от низкой до высокой (рис. 1). Не выявлено четкой зависимости между продолжительностью культивирования и уровнем целлюлазной активности. Установлена штаммовая специфичность целлюлазной активности грибов разных трофических групп.

Ксиланазная активность эндофитных штаммов *P. funiculosum* характеризовалась в основном умеренными значениями, тогда как у почвенных была исключительно высокой (рис. 2). У эндофитных штаммов ширина зоны просветления среды составляла 0,3÷7,7 мм, у почвенных – 3,5÷12,8 мм. Диапазон варьирования зон ксиланазной активности эндофитных и почвенных

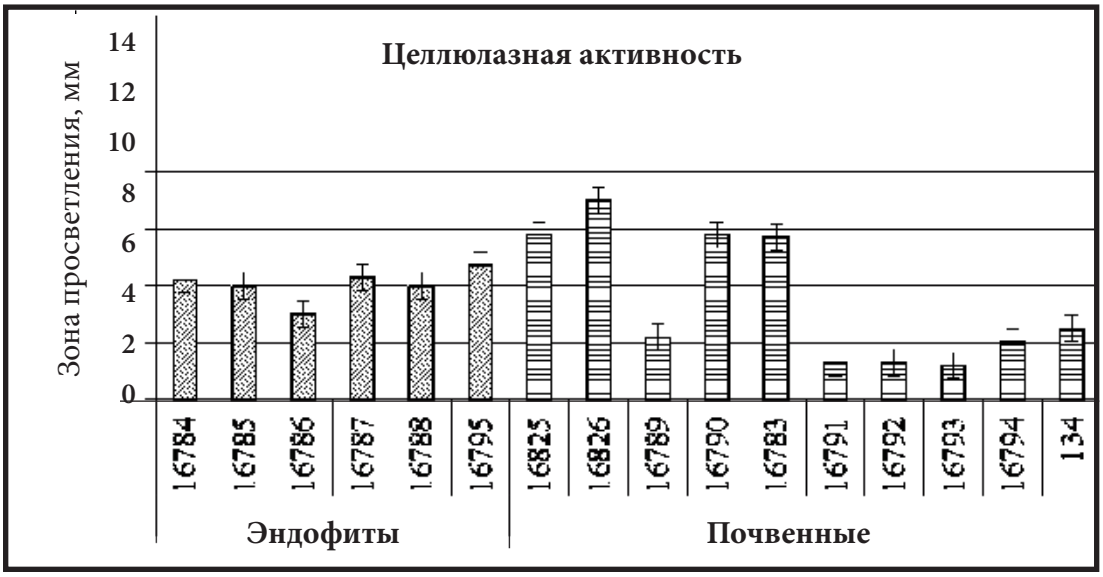


Рисунок 1. Целлюлазная активность штаммов *P. funiculosum*.

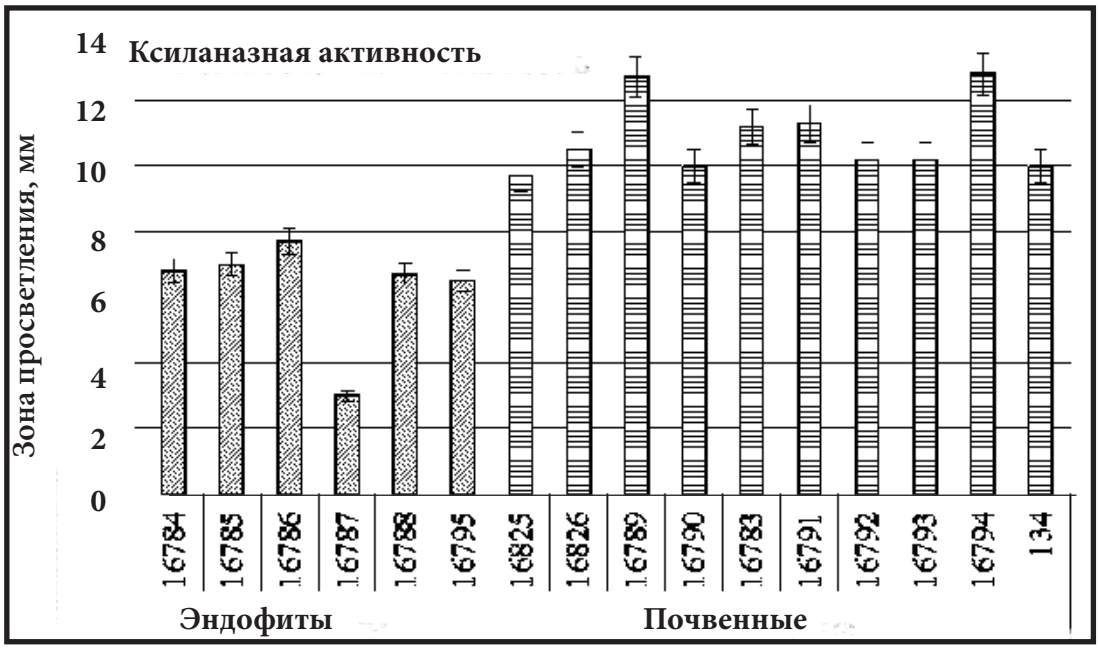


Рисунок 2. Ксиланазная активность штаммов *P. funiculosum*.

штаммов *P. funiculosum* был больше, чем у фитопатогенных штаммов *F. oxysporum* (1,5÷4,5 мм) [14].

Выводы. Выявленная нами низкая целлюлазная и ксиланазная активность эндофитных штаммов, изолированных из разных органов болотных растений, может быть связана с их симбиотическим существованием в растении-хозяине без существенного для него вреда. Можно предположить, что именно низкий или умеренный уровень целлюлазной активности грибов-эндофитов объясняет существование этой группы грибов в тканях растений-хозяев, в результате которого гриб экономно использует в качестве источников питания живые и отмершие клетки растений.

Результаты изучения ксиланазной активности эндофитных штаммов подтверждают, что эндофиты являются латентными патогенами, которые в благоприятных для них условиях способны вызывать заболевания растения-хозяина [15–16].

Список литературы

1. Билай В.И., Билай Т.И., Мусич Е.Г. Трансформация целлюлозы грибами. Киев: Наук. думка. 1982: 296 с.
2. Рабинович М.Л., Мельник М.С., Болобова А.В. Целлюлазы микроорганизмов (обзор). Прикл. биохим. микробиол. 2002: 38(4): 355-73.
3. Стрижевская А.Я. Ферментативный гидролиз ксиланов. Микробиол. журн. 1979; 41(5): 509-16.
4. Domsch KH, Gams W, Anderson T-H. Compendium of soil fungi. 2nd Edn. Eching: IHW-Verlag, 2007: 672 p.
5. Кураков А.В., Геворкян С.А., Гогинян В.Б., Озерская С.М. Разнообразие и особенности состава микроскопических грибов на синтетических полимерных материалах. Прикл. биохим. микробиол. 2008; 44(2): 232-35.
6. Михайлова Р.В., Семашко Т.В., Лобанок А.Г. Отбор штаммов Penicillium funiculosum – высокоактивных продуцентов глюкозооксидазы. Прикл. биохим. микробиол. 2003; 38(3): 273-7.
7. de Castro AM, de Albuquerque de Carvalho ML, Leite SG, Pereira N, Jr. Cellulases from Penicillium funiculosum: production, properties and application to cellulose hydrolysis. J Ind Microbiol Biotechnol. 2010; 37(2): 151-8.
8. Adejuwon AO, Oni AO, Ajayi AA et all. Cellulase activity in tomato fruits infected with Penicillium funiculosum Thom. Afr J Plant Sci. 2009; 3(5): 113-6.
9. Wykyan JPN, Leagale PB. Saccharification of wastepaper mixtures with cellulose from Penicillium funiculosum. Biotechnol Lett. 2001; 23(22): 1849-52.
10. Robl D, Delabona Pda S, Mergel CM et all. The capability of endophytic fungi for production of hemicellulases and related enzymes. BMC Biotechnol. 2013; 13: 94. doi: 10.1186/1472-6750-13-94
11. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Под ред. В.И. Билай. Киев: Наук. думка. 1982: 550 с.
12. Molitoris HP. Wood degradation, phenoloxidases and chemotaxonomy of higher fungi. Muchroom Sci. 1978: 10(Pt1): 243-63.
13. Rodriguez RJ, White JF, Jr, Arnold AE et all. Fungal endophytes: Diversity and functional roles. New Phytologist. 2009; 182(2): 314-30.
14. Partida-Martínez LP, Heil M. The microbe-free plant: fact or artifact? Frontiers Plant Sci. 2011; 100(2): 1-16.
15. Sinclair JB Latent infection of soybean plants and seeds by fungi. Plant Dis. 1991; 75(3): 220-4.
16. Slippers B., Wingfield MJ, Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. Fungal Biol Rev. 2007; 21(2-3): 90-106.

Без заметок

Глава 8.
Грибы – паразиты растений и животных

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.08

ОБ ИНТЕРЕСНОМ ФЕНОМЕНЕ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОИСКА И ПЕРЕНОСА КОНИДИЙ НЕКОТОРЫХ ЭНТОМОПАРАЗИТИЧЕСКИХ АНАМОРФНЫХ АСКОМИЦЕТОВ ЛИЧИНКАМИ ЗЛАТОГЛАЗКИ *PSEUDOMALLADA PRASINUS*

Борисов Б.А.
Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова, Москва

60 лет назад появилось любопытное сообщение [М.В. Суздальская. Зоол. ж., 1956; 35(10): 1585-86], что в лесополосах и лесах Краснодарского края, Ростовской и Воронежской областей личинки златоглазки *Chrysopa ventralis prasina* (современное название *Pseudomallada prasinus; Insecta: Neuroptera, Chrysopidae*) специально выискивают в подстилке трупы насекомых, поражённых энтомопаразитическим анаморфным грибом *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales, Cordycipitaceae), отгрызают мицелиально-конидиальный налёт и делают из него чехлики, закидывая на спину. Сами златоглазки были совершенно невосприимчивы к инфекции, но искусственное заражение конидиями штаммов, выделенных из чехликов, нескольких видов насекомых-фитофагов привело к высокой их гибели. Эти данные позже многократно цитировались, но аналогичных наблюдений и экспериментов других авторов найти в мировой литературе не удалось.

По нашим многолетним (1981–2014 гг.) полевым исследованиям, это явление оказалось вполне обычным местами в лесах разных районов Московской области весной (в некоторые годы даже в середине апреля) после прогревания воздуха в отдельные дни до +13…15 °С, но иногда наблюдается и в августе – сентябре. Также оно отмечалось нами в Ленинградской (парки г. Пушкина, Всеволожский, Выборгский, Гатчинский р-ны), Калужской (заповедник «Калужские засеки»), Тверской, Владимирской областях, в Карелии (Сортавальский р-н: парк «Рускеала»), Краснодарском (Мостовской, Апшеронский, Сочинский р-ны) и Ставропольском (окрестности Михайловска) краях, на Украине (Киевская, Житомирская, Херсонская обл.) и в Белоруссии (Брестская обл.: нац. парк «Беловежская Пуща»).

По наблюдениям в разных точках Подмосковья (Раменский, Воскресенский, Люберецкий, Луховицкий, Зарайский, Одинцовский, Мытищенский, Серпуховский р-ны; Москва: нац. парк «Лосиный остров», парк «Сокольники», Кузьминский лесопарк у 13-го км МКАД, лесопарк юго-восточного спецлесхоза у 22-го км МКАД и др.), оказалось, что в природе личинки этого вида златоглазки могут «охотиться» не только за *Beauveria bassiana*, но и (реже) за некоторыми другими энтомопаразитическими анаморфными грибами сем. Cordycipitaceae – *Isaria farinosa* и *I. fumosorosea*. Личинки, помимо подстилки, в солнечную погоду часто активно бегают по стволам сосен (здесь они хорошо заметны как движущиеся белые пятна; благодаря этому в отдельные годы и конкретные дни за пару часов можно найти и собрать для экспериментов до 30-50 экземпляров) и старых замшелых берёз, из трещин которых извлекают эти грибы с погибших от микозов куколок берёзовой моли *Lithocolletis ulmifoliella*.

Во время поиска личинки совершают маятниковые движения головой влево – вправо, очевидно, пытаясь уловить запах. Натурные наблюдения и специальные эксперименты с подкладыванием перед личинками трупов насекомых с грибным мицелием или культур на небольших агаровых высечках (диам. 6–7 мм) показали, что «узнавание» пригодного субстрата происходит обычно на расстоянии 3–7 см, но иногда 12–15 см. С этого момента личинки чётко устремляются к обнаруженной «мишени» и сразу начинают с жадностью выдирать куски мицелиально-конидиальной биомассы, затем приподнимают переднюю часть тела, вращают головой, пытаясь стряхнуть «добычу» с мандибул, и лапками быстро (обычно не более минуты) водружают аккуратные чехлики, содержащие, согласно анализам, $0{,}3…10\times10^6$ инфекционных конидий. При окукливании остатки грибных чехликов, как правило, остаются на поверхности коконов. По мере движения среди прошлогоднего листового опада и трещин коры чехлики быстро изнашиваются (фактически так происходит рассеивание инфекционных конидий в окружающей среде!), и личинки обновляют их. Лишившиеся защитных чехликов особи явно проявляют бóльшую поисковую активность, чем «экипированные». Последние, оказавшись рядом с грибным мицелием указанных видов, обычно лишь слегка надкусывают мицелий, делая порой небольшие «заплатки» на чехликах, или через несколько секунд вообще уходят.

В экспериментах разных лет с собранными в природе личинками подмосковной популяции (с них предварительно тонкой кисточкой удаляли чехлики) было выяснено, что, имея на выбор на одинаковом расстоянии в разных комбинациях по 3-6 агаровых высечек 3-недельных культур штаммов *Beauveria*

bassiana s. l., выделенных из насекомых или почвы в разных регионах России (Московская, Ленинградская, Тверская, Саратовская, Челябинская, Новосибирская обл.; респ. Карелия, Башкортостан; Краснодарский, Ставропольский, Приморский края), они не проявляли преимущественного интереса к местным штаммам. В то же время, независимо от географического происхождения штаммов, личинки лишь очень в редких случаях устремлялись к культурам, которые поддерживались в коллекции многие годы на питательных средах без пассажей через насекомых и многократно пересевались, что свидетельствует, вероятно, о снижении синтеза в них каких-то аттрактивных летучих соединений.

Помимо указанных выше трёх видов, в экспериментах перед личинками размещали культуры на агаровых высечках и других видов возбудителей микозов беспозвоночных. Среди представителей сем. Cordycipitaceae положительную реакцию вызвали лишь *Beauveria brongniartii* (использован местный штамм из жуков-пилюльщиков), *B. caledonica* (редкий вид, штамм из куколки бабочки, Одесская обл.) и *Cordyceps takaomontana* (анаморфа известна как *Isaria tenuipes*; тестировали 2 штамма из куколок бабочек из Краснодарского края и Башкирии). Но к культурам как местного происхождения, так и из других регионов грибов *Cordyceps militaris*, *Lecanicillium muscarium*, *L. lecanii*, *L. tenuipes* и *Isaria coleopterorum* не проявили никакого интереса даже при отсутствии выбора. Культуры подмосковных штаммов энтомо- и нематопаразитических грибов из близких сем. Clavicipitaceae (*Metacordyceps chlamydosporia*, *Metarhizium anisopliae* s. l., *Met. carneum*, *Met. marquandii*, *Met. rileyi*, *Tolypocladium inflatum*) и Ophiocordycipitaceae (*Ophiocordyceps entomorrhiza*, *Purpureocillium lilacinum*), которые встречаются в стациях обитания златоглазки, также игнорировались личинками.

Таким образом, из наблюдений и экспериментов вытекает, что при существующей столь узкой избирательности в отношении всего нескольких видов грибов (*Beauveria bassiana* является несомненным сверхдоминантом над *Isaria farinosa* и *I. fumosorosea*) и с учётом того, что «узнавание» происходит на небольшом расстоянии, места обитания златоглазки должны быть высоко гарантированными «поставщиками» пригодного для изготовления чехликов мицелия. Это подтверждается – в средней полосе европейской части России наиболее часто личинки златоглазки Ps. prasinus встречаются на старовозрастных лесных участках, в местах, пострадавших от лесных пожаров или шквальных ветров, где много ослабленных деревьев, сухостоя, поваленных деревьев и, соответственно, высока численность ксилофагов и других растительноядных насекомых, при скоплении сильнее подверженных грибным и иным болезням. В южных регионах (скажем, в Краснодарском, Ставропольском краях), где много старых (50–70-летних) загущенных лесополос, в них, помимо постоянно обитающих различных дендрофильных насекомых, осенью «стекаются» на диапаузу различные полевые вредители (например, клоп-черепашка, листоед-пьявица и мн. др.), и именно в таких стациях легко найти в большой численности и энтомопаразитические грибы, и этот вид златоглазки.

Безусловно, этот любопытный феномен заслуживает дальнейшего изучения. Остаётся много вопросов, в частности: (1) Чем объяснить, что личинки Ps. prasinus совершенно не заражаются при контакте с огромными дозами конидий даже такого неспециализированного паразитического гриба как *Beauveria bassiana*, тогда как многие другие насекомые из разных отрядов в бóльшей (порой почти на 100 %) или меньшей мере гибнут даже при многократно меньших инфекционных нагрузках? Наличием у златоглазок в кутикулярных покровах фунгицидных веществ или другими механизмами? и (2) Выгода переноса и рассеивания инфекционных конидий в местах, где обитают многие восприимчивые насекомые-фитофаги, для грибов очевидна. Но чем объяснить сильную «привязанность» личинок к некоторым из них, тем более, что во второй половине лета – в начале осени они чаще делают чехлики из всевозможных растительных остатков, т. е. вполне могут обходиться без подобного «симбиоза»?

– Является ли *Ps. prasinus* единственным видом златоглазок, способным осуществлять закономерную трансмиссию энтомопаразитических грибов?

АНТИБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СВЯЗЬ С МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРИРОДНЫХ ИЗОЛЯТОВ ГРИБОВ РОДА *LECANICILLIUM*

Чоглокова А.А., Первушин А. Л., Митина Г.В.
ВНИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин

Энтомопатогенные грибы рода *Lecanicillium* W. Gams at Zare (бывший комплексный вид *Verticillium lecanii*) являются природными патогенами насекомых из отряда *Homoptera*, прежде всего тлей, белокрылок и кокцид (Евлахова, 1939; Hall, 1976, 1981) и применяются в качестве продуцентов микробиологических препаратов (Faria, Wraight, 2007). Кроме того, *Lecanicillium* встречается в природе как гиперпаразит ржавчинных грибов (Heintz, Blaich, 1990), что открывает возможность использования этих энтомопатогенных аскомицетов как антагонистов ржавчинных и мучнисто-росяных фитопатогенных грибов (Benhamou & Brodeur рирод et al., 2007, 2008; Vandermeer et al., 2009).

Известно, что антибиотические соединения типа боверицин, выделяющиеся в культуральную жидкость грибов рода Lecanicillium могут являться фак-

Таблица 1. Продуктивность по конидиям и антибиотическая активность штаммов грибов рода *Lecanicillum* и типовых культур на среде Чапека.

Штамм	Воздушный мицелий, баллы	Титр конидий $\times 10^6$, спор/см^2	Антибиотическая активность культуральной жидкости, зона лизиса, мм		Антибиотическая активность мицелиального зона лизиса, мм	
			Bacillus subtilis	*Alternaria solani*	*Bacillus subtilis*	*Alternaria solani*
Vl 2	4	10,3	4,0	9,7	1,5	0
Vl 3	2	6,9	0	0	0	0
Vl 4	3	2,0	0	0	1,5	0
Vl 5	1	4,2	1,0	0	0	0
Vl 8	3	6,3	0	4,3	0	0
Vl 9	4	14,9	0	0	3	0
Vl 11	4	13,8	0	8,0	0	0
Vl 13	2	2,6	0	0	0	0
Vl 15	3	7,8	0	6,0	0	0
Vl 18	2	5,3	0	5,3	0	0
Vl 21	1	7,1	0	4,3	0	0
Vl 22	1	4,3	0	0	0	0
Vl 23	2	0,7	1	0	0,5	0
Vl 24	4	2,4	0	0	0	0
Vl 27	6	3,4	4,7	1,0	0	0
Vl 29	1	13,5	0	0,7	0	0
Vl 34	5	5,5	0	3,0	0,5	6,0
Vl 35	3	1,4	4,0	0,3	0	2,0
Vl 40	3	1,9	0	7,3	0,5	3,0
Vl 42	5	9,8	4,7	0	0	0
Vl 47	2	27,3	0	6,7	0	0
Vl 48	2	12,2	0	3,7	0	0
Vl 49	5	7,3	0	0	0	0
Vl 50	2	2,6	0	0	0	0
Vl 55	4	20,5	0	0	0	0
Vl 56	2	6,0	0	0,3	0	0
Vl 57	4	76,8	5,3	8,0	0	0
Vl 58	2	4,1	0,3	2,7	0	0
Vl 59	2	7,5	0	0	0	0
Vl 60	2	4,4	1,0	0,7	0	0
Vl 61	1	6,2	6,3	8,3	0	0
Vl 62	2	3,2	4,7	0	0	0
Vl 65	6	1,7	5,3	0	0	0
Vl 68	1	11,2	2,0	3,3	0	0
Vl 72	5	20	0	6,0	2,5	0
Vl 76	6	1,6	11,7	3,3	0	0
Vl 77	1	11,6	5,0	0	0	0
Vl 78	2	2,9	0	0	0	0
Vl 79	2	3,5	0	0	0	3,0
321	5	8,4	2,7	0	0	0
1401	4	8,8	0	0	0	0
2332	6	2,3	0	10,7	0	0
7550	1	1,5	0	0	0	0
8011	3	16,5	0	0	0	0
8057	2	1,8	3,7	0	0	0
НСР		3,9	1,4	1,5	0,1	0,1

торами патогенного процесса, ускоряющими гибель насекомого-хозяина (Vey et al., 2001, Butt et al., 2009). С другой стороны, установлено высокое содержание в биомассе не только инсектицидных метаболитов (Murakoshi, 1978; Vey et al., 2001), но и различных биологически активных соединений. Спектр соединений, выделенных из грибов рода *Lecanicillium* с антибиотической активностью, постоянно расширяется (Roll et al., 2009; Corradi da Silva et al., 2013; Ishidoh et al., 2014). Выявление бактерицидной и фунгицидной активности этих грибов покажет перспективность разработки нового, комплексного биопрепарата с инсектицидной, бактерицидной и фунгицидной активностью, что несомненно позволит снизить использование химических веществ в борьбе с вредителями и болезнями закрытого грунта.

Цель работы – скрининг штаммов грибов рода *Lecanicillium* из коллекции ВИЗР, обладающих фунгицидной и бактерицидной активностью, а также выявление связи антибиотической активности с морфолого-культуральными характеристиками исследуемых изолятов, такими как степень развития воздушного мицелия и продуктивность спороношения.

Антибиотическую активность культуральной жидкости в отношении тест-культуры грибов *Alternaria solani* и бактерий *Bacillus subtilis* проводили методом лунок, а активность экстрактов определяли методом бумажных дисков (Егоров, 2004). Штаммы из рабочей коллекции выращивали на качалке в течение 4 суток на среде полной с пептоном, биомассу отделяли фильтрованием и высушивали. Экстракцию проводили смесью хлороформ-метанол (2 : 1) из сухой биомассы в ультразвуковой ванне в течение 1 ч. На стерильные диски из фильтровальной бумаги диаметром 6 мм наносили 100 мкг экстракта (тест на бактериях) и 300 мкг экстракта (тест на грибах). После испарения растворителя диски раскладывали на чашках. Зоны ингибирования роста тест-культур (расстояние от края лунки или диска до границы роста в мм) определяли на 3 сутки.

Продуктивность штаммов по конидиям определяли по титру споровой суспензии, полученной с 1 $см^2$ колонии, выращенной на агаризованной среде Чапека на 10-е сутки роста, в камере Горяева.

Степень развития воздушного мицелия оценивали визуально на 10-е сут в баллах: 1 – бархатистые непушистые колонии; 2–3 – слабопушистые; 4–5 –умеренопушистые; 6 – сильнопушистые.

По результатам исследований выявлено более высокое содержание антибиотических веществ в культуральной жидкости по сравнению с мицелием (табл.1). Культуральная жидкость Vl 76 оказалась наиболее активна в отношении бактерий (зона лизиса 11,7 мм), в то время как экстракт из мицелия этого гриба не влиял на рост бактерий. Высокую фунгицидную активность проявили культуральные жидкости штаммов Vl 2, Vl 61 и 2332 (зона лизиса от 8,3 до 10,7 мм), при этом их экстракты были практически неактивны в отношении обеих тест-культур. Умеренная фунгицидная активность экстракта была показана для Vl 34, Vl 40 и Vl 79 (зона лизиса от 3,0 до 6,0 мм). Ряд штаммов (например, Vl 3, Vl 13, Vl 22, Vl 24) не проявил никакой активности.

Полученные результаты по продуктивности конидий свидетельствуют о существенных различиях между штаммами (от 1,4 млн. спор/$см^2$ для Vl 35 до 76,8 млн. спор/$см^2$ для Vl 57). Среди изученных штаммов большинство образовывало слабопушистые (2–3 балла, 50%) и умеренно пушистые колонии (4–5 баллов, 24%).

Для выявления связей между изученными показателями был проведен корреляционный анализ с помощью программы SigmaPlot 11.2 (SystatSoftware Inc.). Коэффициент корреляции между показателем антибиотической активности культуральной жидкости и степенью развития воздушного мицелия составил 0,4, что свидетельствует о проявлении более высокой антибиотической активности культуральной жидкости для штаммов с более развитым воздушным мицелием. Показатель интенсивности конидиеобразования коррелировал с фунгицидной активностью культуральной жидкости (r=0,4), что позволяет предположить, что штаммы с высоким уровнем конидиеобразования более активны в отношении грибов.

Таким образом, выявлены перспективные штаммы грибов рода *Lecanicillium*, обладающие высокой антибиотической активностью против бактерий и грибов (Vl 2, Vl 57, Vl 61 и Vl 76) и установлена связь этого признака с изученными морфолого-культуральными характеристиками штаммов.

Работа поддержана грантом РФФИ №13-04-01905.

Список литературы

1. Евлахова А. А. Применение гриба Cephalosporium lecanii Zimm. для борьбы с цитрусовой щитовкой. Доклады ВАСХНИЛ. 1939; 11: 11-22.
2. Hall RA. Verticillium lecanii on the aphid, Macrosiphoniella sanborni. J Invert Pathol. 1976; 28(3): 389–91.
3. Hall RA. The fungus Verticillium lecanii as a microbial insecticide against aphids and scales. Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. Ed. H D. Burges. New York: Acad. Press. 1981: 483-98.
4. Faria MR, Wraight SP. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biol Contr. 2007; 43: 237-56.
5. Heintz C, Blaich R. Verticillium lecanii as a hyperparasite of grapevine powdery mildew (Uncinula necater). Vitis. 1990; 29: 229-32.
6. Benhamou N, Brodeur J. Evidence for antibiosis and induced host defense reactions in the interaction between Verticillium lecanii and Penicillium digitatum, the causal agent of green mold. Phytopathology. 2000; 90: 932-43.
7. Kim JJ, Goettel MS, Gillespie DR. Evaluation of Lecanicillium longisporum, Vertalec for simultaneous suppression of cotton aphid, Sphaerotheca fuliginea, on potted cucumbers. Biol Control. 2008; 45: 404-9.
8. Kim JJ, Goettel MS, Gillespie DR. Potential of Lecanicillium species for dual microbial control of aphids and

the cucumber powdery mildew fungus, Sphaerotheca fuliginea. Biol Contr. 2007; 40: 327-32
9. Vandermeer J, Perfecto I, Liere H. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (Hemileia vastatrix) by the entomogenous fungus, Lecanicillium lecanii, through a complex ecological web. Plant Patholol. 2009; 58: 636-41.
10. Vey A, Hoagland R, Butt TM. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. Butt TM, Jackson CW, Magan N. (Eds.): Fungi as biocontrol agents. CAB Inter, Wallingford. 2001: 311-45.
11. Butt TM, El Hadj NB, Skrobek A et all. Mass spectrometry as a tool for the selective profiling of destruxins; their first identification in Lecanicillium longisporum. Rapid Comm Mass Spectrom. 2009; 23(10): 1426-34.
12. Murakoshi S, Ichinoe M, Susuki A. Presence of toxic substances in fungus bodies of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Verticillium lecanii. Epplied Entomol Zool. 197; 13: 97-102.
13. Roll DM, Barbieri LR, Bigelis R et al. The Lecanindoles, nonsteroidal progestins from the terrestrial fungus Verticillium lecanii 6144. J Natur Prod. 2009; 72: 1944-8.
14. Corradi da Silva ML, Exposti TD, Vasconcelos AF et all. Glucogalactan: A polysaccharide isolated from the cell-wall of Verticillium lecanii. Carboh Polym. 2013; 98: 1353-9.
15. Ishidoh K, Kinoshita H, Igarashi Y, Ihara F, Nihira T. Cyclic lipodepsipeptides verlamelin A and B, isolated from entomopathogenic fungus Lecanicillium sp. J Antibiot. 2014; 67(6): 459-63.
16. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. 6-е изд., М.: МГУ. Наука. 2004: 528 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНГИЦИДНЫХ СВОЙСТВ СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОСБОРА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АСКОСФЕРОЗА У ПЧЕЛ

Фархутдинов Р.Г., Шафикова В.М.
Башкирский государственный университет, Уфа

Аскосфероз пчел (известковый, меловой расплод, сухой гнилец) – инфекционная болезнь пчелиных семей, вызываемая паразитическим грибком *Ascosphaera apis*, которая поражает личинки пчел [1]. Аскосферозом заражается открытый расплод медоносной пчелы (рабочие, трутни, матки) с первых дней выхода личинок из яйца, однако преимущественно заражению подвержены личинки 3–6-дневного возраста в период смены их питания с маточного молочка на мед и пергу [2]. Занос спор в семьи пчел пасеки происходит в основном с пыльцой и нектаром [3, 4]. Сейчас аскосфероз встречается практически повсеместно в России. В Башкирии аскосфероз впервые был зарегистрирован в 1985 году [5] и около 14% пчелиных семей в регионе заражены аскосферозом [3].

Заболеванию благоприятствуют переохлаждение, высокая влажность, отсутствие проветривания, недостаток кормов, избыток воды в корме за счет обильного приноса пчелами весной влажной пыльцы и воды для расплода, различные заболевания пчел и бесконтрольное применение малоэффективных препаратов [5–7]. В современном пчеловодстве наиболее популярны фунгицидные препараты химического происхождения из-за их высокой активности и удобства применения [1, 8].

Кроме того, большинство химических фунгицидных препаратов имеет ряд существенных недостатков: продукты распада препаратов химического происхождения отрицательно воздействуют на здоровье пчел и могут накапливаться как в организме самих пчел, так и продуктах пчеловодства [6, 9, 10].

С целью предотвращения негативного эффекта химических препаратов на состояние пчелиной семьи нами была разработана более безопасная препаративная форма на основе экстракта растительного сбора. Использование растительных экстрактов и компонентов естественного происхождения в лечение и профилактике болезней пчелиной семьи стимулирует неспецифический иммунитет у пчел и позволяет им самостоятельно подавлять заболевания [11–13].

Цель исследований – поиск и разработка растительного препарата, ускоряющего выздоровление пчелиных семей от аскосфероза.

Материалы и методы. Объектом исследования служили медоносные пчелы среднерусской породы *Apis millifera millifera* L. Пчелиные семьи находились в типовых двенадцатирамочных ульях и имели одинаковые условия кормления и содержания. Сбор патологического материала проводили на неблагополучных по аскосферозу пчелиных семей пасеках Башкирии в условиях естественного заражения. Исследования проводились на 15 пчелиных семьях, разделенных на 3 группы по 5 семей в каждой. Группы пчелиных семей подбирались методом пар - аналогов с учетом следующих показателей: сила пчелиных семей, количество печатного расплода и корма. Лабораторные исследования проводили согласно принятым в ветеринарии методикам [1].

Для исследований фунгицидных свойств нами были проаналиированы лекарственные растения и составленный из них растительный сбор в определенной соотношении следующего состава: трава вероники *Veronica longifolia*, лист березы *Betula pendula*, тра-

ва лабазника *Filipendula ulmariae*, цветки календулы *Calendula officinalis*, хвоя ели или пихты *Picea abies* или *Abies sibirica*, трава эхинацеи *Echinacea purpurea*, листья эвкалипта *Eucalypti viminalis*, трава хвоща *Equiseti arvensis*, цветки бессмертника *Helichrysum arenarium*, трава мелиссы *Melissa officinalis*, трава чабреца *Thymus serpyllum*, кора осины *Populus tremula*, трава чистотела *Chelidonium majus*, слоевища исландского мха *Lichen islandicus*, чеснок *Allium sativum*. Спиртовой экстракт получали настаиванием в 40%-ном этиловом спирте при комнатной температуре в течение 14 сут, а водный экстракт – настаиванием в воде растительного сбора на водяной бане в течение 30 мин.

Для определения веществ фунгицидного действия и определения соотношения составляющих веществ водного и спиртового экстрактов растительного сбора был проведен масс-спектрометрический анализ на жидкостном хроматомасс-спектрометре LCMS-2010EV «Shimadzu» (Япония). Масс-спектрометрический анализ химической ионизации при атмосферном давлении (ХИАД, APCI) положительных $(M+H)^+$ и отрицательных $(M-H)^-$ ионов спиртового и водного экстрактов проводился в следующих условиях: растворы экстрактов были разбавлены ацетонитрилом, элюент ацетонитрил/вода (15/85), скорость потока 0,06 л/мин, шприцевой ввод образца 2,5 мкл, температура ионного источника 250 °С; температура нагревателя 200 °С, температура испарителя 230 °С, скорость небулизирующего газа (распылителя) 2,5 л/мин, напряжение на источнике ионов (+) 4,5 кВ, (-) 3 кВ.

Для исследований выделяли чистую культуру гриба. Для этого мертвых личинок извлекали из ячеек, помещали в стерильную пробирку с 2 мл физиологического раствора, вносили туда по 1000 ЕД пенициллина и стрептомицина, тщательно растирали и материал высевали на скошенный сусло-агар или среду Сабуро в пробирках. Посевы культивировали в течение 10 суток при 28–32 °С. На 3–5-е сут на поверхности среды появлялись белые пушистые колонии, дающие к 8-10 сут зеленовато-серый налет на дне и по краям колонии, который образуется при формировании плодовых тел гриба. Чистую культуру гриба получают путем пересева с периферии колоний, характерных для данного гриба [9].

Определение фунгицидных свойств различных экстрагентов растительных препаратов проводили методом постановки опыта на агаре Сабуро содержащим 10% спиртового экстракта. Экстракт добавляли перед автоклавированием среды. После автоклавирования среды, проводили инокуляцию *A. apis*. Наблюдения проводили в течение 5 сут, а контролем служили включенные в состав агара: эталон – нистатин (Nystatinum, доза 400 мкг/мл, препарат входит в состав многих препаратов для лечения аскосфероза у пчел) и контроль – 10 мл 40%-ный этиловый спирт.

На основе сравнения зон задержки роста возбудителя аскосфероза на опытных, эталонных и контрольных средах делалось заключение о фунгицидной активности спиртовых экстрактов отдельных растений и растительного сбора.

Результаты и обсуждения. В результате проведения масс-спектрометрического анализа были получены соотношения пиков ионов, соответствующих биологически активным веществам, входящим в состав водного и спиртового экстрактов растительного сбора. Химический состав спиртового и водного экстрактов растительного сбора по определяемым веществам сходен, но он различается по их концентрации. По данным литературы, наибольшей фунгицидной активностью обладают фенолокислоты, флавоноиды, кумарины и эфирные масла [10]. В связи с этим в анализируемых экстрактах определялись представители данных классов. В спиртовом экстракте растительного сбора по сравнению с водным преобладают: ментол в 1,3 раза, герниарин/псорален в 2,6 раз, пулегон в 1,2 раза, эвгенол в 1,7 раз, ксантоксол в 1,3 раза, императорин в 1,6 раз, ксантоксол в 2 раза, 2,4-дигидроксикоричная кислота в 2,1 раза, n-кумаровая кислота/эвгенол в 1,9 раз, 2,4-диацетоксикоричная кислота в 1,8 раз, тимол в 1,4 раза. Однако некоторые вещества преобладают в водном экстракте растительного сбора по сравнению со спиртовым: гераниол/цитраль в 1,5-1,7 раза, келлин в 2,2 раза, анетол в 2,8 раз, 3-нитрокоричная кислота в 2,7 раз.

Нами был проведен сравнительный анализ фунгицидных свойств спиртовых и водных экстрактов растительного сбора, для коррекции рецептуры сбора. Было установлено, что спиртовые экстракты растительного сбора более активны по отношению к *A. apis* по сравнению с водными, что, видимо, связано с определенным соотношением веществ спиртового экстракта (табл. 1).

Табл. 1. Фунгицидные свойства водного и спиртового экстрактов растительного сбора и нистатина

№	Препарат и его разведение	Зона задержки роста *Ascosphaera apis* через 3 сут, мм*
1	Экстракт сбора, 10%	12,2 / 22
2	Нистатин 400 мкг/мл	10, 2

*Спиртовая форма / Водная форма

Как видно из табл. 1, уровень фунгицидного действия спиртового экстракта растительного сбора был близок к величине воздействия нистатина на грибной газон *A. apis*. Примерно на 20 % площадь газона росшего на агаре содержащем спиртовой экстракт была больше, чем на среде с нистатином. В варианте с водным экстрактом площадь была больше на 215 % по сравнению с нистатином и на 180% по сравнению со спиртовым экстрактом.

Определение антигрибкового действия экстрактов отдельных растений входящих в состав сбора показало, что она была различной. Наиболее эффективными в фунгицидном действии по отношению к *A. apis,* оказались экстракты травы вероники, чистотела, листа бе-

резы, хвои пихты и чеснока. Однако суммарное фунгицидное действие фитосбора было выше, чем отдельных его компонентов, т.е. можно судить об их синергетическом действии.

Таким образом, было установлено, что растительный сбор в условиях *in vitro* обладал фунгицидным действием по отношению к *A. apis*. При подкормке пчел сиропом, как было показано нами ранее, с экстрактом растительного сбора, обладающего фунгицидным и стимулирующим действием, происходило оздоровление расплода пчел, улучшение развития семьи, повышение зимостойкости и продуктивности [11].

Список литературы

1. Смирнов А.М., Туктаров В. Р. Болезни и вредители медоносных пчел. Уфа, БГАУ. 2004: 134 с.
2. Aronstein KA, Murray KD, Saldivar E. Transcriptional responses in honey bee larvae infected with chalkbrood fungus. BMC Genomics. 2010. 11: 391. doi: 10.1186/1471-2164-11-391
3. Туктарова Ю.В., Фархутдинов Р.Г. Особенности миграции спор *Ascosera apis* на территории продуктивного лета пчел. Пробл. вет. санит, гигиены и экол. 2013; 1(9): 55-8.
4. Gilliam M, Taber S, III, Lorenz BJ, Prest DB. Factors affecting development of chalkbrood disease in colonies of honey bees, *Apis mellifera*, fed pollen contaminated with *Ascosphaera apis***.** J Invert Pathol 1988; 52, I. 2: 314-25.
5. Юмагужин Ф. Г. История и современное состояние бурзянской бортевой пчелы. Уфа: АН РБ, Гилем, 2010: 112 с.
6. Sandrock C, Tanadini M, Tanadini LG et all. Impact of chronic neonicotinoid exposure on honeybee colony performance and queen supersedure. PLoS ONE. 2014; 9, I. 8. Article number 103592
7. Гробов О.Ф., Лихотин А.К. Болезни и вредители пчел. М.: Мир; Колос. 2003: 287 с.
8. Мукминов М. Н. Смирнов А.М. Интегрированная система профилактики микозов пчел и борьбы с ними. Вест. РАСХН. 2008; 2: 74-7.
9. Жуков А.А. Биологические свойства гриба *Ascosphaera apis* и меры борьбы с аскосферозом пчел : Автореф. дис. … канд. биол. наук; М. 1995: 20 с.
10. Георгиевский В.П., Комиссаренко Н.Ф., Дмитрук С.Е. Биологические активные вещества лекарственных растений. М.: Наука. 1990: 333 с.
11. Шафикова В.М., Фархутдинов Р.Г. Влияние фитопрепарата «Фитоаск» на активность фермента каталазы и пероксидазы у пчелы медоносной *Apis millifera millifera*. Вест. Баш. унив. 2013; 18(4): 1085-7.

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СМЕЛЯНСКОЙ ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Гамалея В.Н., Рудая С.П.

Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев

На рубеже XIX–XX столетий фитопатологические исследования в России интенсифицировались, вследствие чего активизировалась их институционализация. В течение 1913–1915 гг. на опытных станциях организовывались отделы или лаборатории, в которых проводились работы в области фитопатологии. В результате во втором десятилетии XX столетия в России существовало около 10 микологических отделов при опытных станциях и 20 станций защиты растений. Одним из первых очагов фитопатологических исследований был микологический отдел Смелянской энтомологической станции [1].

Организация научно-опытной станции в Смеле, городке Киевской губернии, была связана с историческими и экономическими условиями развития сахарной промышленности. В середине XIX столетия чётко определилась тенденция перенесения производства сахара с территории центральной России на Украину, что объяснялось степенью развития товарного производства, формой эксплуатации крестьян, но, в первую очередь, благоприятными климатическими и природными условиями для выращивания культуры сахарной свёклы.

Одним из основных очагов деятельности учёных и инженеров на ниве сахарной промышленности стало Киевское отделение Русского технического общества, основанное в 1871 г. Главной задачей этой организации было усовершенствование производства сахара, что давало возможность не зависеть от заграничных поставок, используя собственное сырьё и рабочую силу.

Проблемы развития сахарной промышленности являлись целью работы другого негосударственного объединения – Всероссийского общества сахарозаводчиков, основанного в 1903 г. Понимая, что производство сахара неразрывно связано с качеством исходного сырья, члены Общества сахарозаводчиков уделяли много внимания изучению биологии сахарной свёклы. При сахарных заводах были созданы опытные поля для проведения исследований агротехники этой культуры, проводились демонстрации новейших технологий её выращивания. Удачные разработки по получению новых сортов сахарной свёклы внедрялись на площадях, отведенных для её культивирования.

Серьёзной проблемой при выращивании сахарной свёклы были значительные потери от деятельности

одного из опасных вредителей сельского хозяйства – свекловичного долгоносика. В 1901 г. Всероссийским обществом сахарозаводчиков в Смеле была основана Энтомологическая станция для практического использования идеи И.И. Мечникова: бороться со свекловичным долгоносиком путём искусственного размножения плесневого грибка мускардины и заражения им насекомых [2]. Мечников поручил дальнейшую разработку метода молодому учёному И. М. Красильщику. В 1884 г. Красильщик сообщил об открытии им грибка красная мускардина, заражённые которым личинки долгоносика погибают [3]. Впоследствии были открыты белая, сиреневая, розовая и жёлтая мускардины, представляющие опасность для свекловичного долгоносика. Однако из всех указанных видов грибка наиболее опасным для этого насекомого является открытая И. И. Мечниковым зелёная мускардина, от которой, в зависимости от климатических условий, погибало от 20 до 80% вредителей [4].

На Смелянской энтомологической станции испытания биологического метода борьбы со свекловичным долгоносиком проводили В. Отфиновский и И. Сосновский под руководством заведующего лабораторией Пастеровского института И. Даныша. Изучая условия, в которых развивается мускардина, И. Даныш установил, что большое значение имеет физиологический состав грунта – лучшими почвами для развития грибов-паразитов являются чернозём и суглинки [5]. В. Отфиновский изучал пути усовершенствования агротехники сахарной свёклы, цикл развития долгоносика и возможности применения биологического метода для борьбы с ним [6]. Однако результаты, полученные сотрудниками станции, были неутешительными: если в лабораторных условиях смертность долгоносика от искусственной инфекции составляла 55-80%, то в открытом грунте метод оказался неэффективным. Поэтому в 1905 году работы с мускардиной на Смелянской энтомологической станции были прекращены [7].

Однако станция существовала ещё 20 лет и работы, посвящённые изучению болезней сахарной свёклы, продолжались. Следует упомянуть, что исследования в этом направлении начались в России ещё в начале 70-х гг. XIX столетия. Пионером в этой области стал А. Бирюков, работа которого «Сохранение сахарной свёклы» (1872), созданная на основании опытов, проведенных на сахарных заводах страны, была первой в этом плане в Западной Европе. Следующей отечественной работой стала статья В. И. Гомилевского «О болезнях сахарной свёклы», помещённая в 1901 г. в «Вестнике сахарной промышленности». Эти же проблемы привлекли внимание учёного польского происхождения Иосифа Тржебинского, который с 1903 года заведовал отделом микологии. Он выяснял причины увядания листьев сахарной свёклы [8], влияние агротехнических приёмов на стойкость всходов растений к заболеваниям, но особое внимание уделял корнееду, который значительно снижает урожай сахарной свёклы. Тржебинский установил, что в преобладающем числе случаев причиной корнееда являются грибы [9].

В 1907 году И. Тржебинский по поручению Всероссийского общества сахарозаводчиков посетил наиболее известные фитопатологические учреждения Германии. Позитивное впечатление произвёл на него Императорский биологический институт сельского и лесного хозяйства, курирующий исследования по патологии и гигиене растений. Германские фитопатологические учреждения имели хорошее оборудование, собственные опытные сады и поля [10].

Важным вкладом в изучение этиологии болезней сахарной свёклы стала констатация И. Тржебинским роли бактерий в качестве возбудителей этих заболеваний. Отметив, что слизистая гниль корня свёклы уже известна, он описал новый вид заболевания – сухую гниль, назвав её «сухим бактериозом». И. Тржебинский детально описал этиологию обоих заболеваний, сопроводив текст собственноручно выполненными фотографиями и рисунками [11].

В 1912 г. И. Тржебинский переехал в Варшаву. Микологическим отделом Смелянской энтомологической станции в 1912–1913 гг. заведовал Людвиг Гарбовский, миколог и фитопатолог, профессор, доктор наук. Он изучал грибы Киевской и Подольской губерний, проводил опыты по изучению «сухой гнили», выявленной Тржебинским [12].

В 1913 г. заведовать микологическим отделом, а затем и всей Смелянской станции стал Гавриил Степанович Неводовский, вплоть до ликвидации станции в 1924 г. Г.С. Неводовский – выпускник Новоалександрийского института сельского хозяйства и лесоводства, ученик В.А. Траншеля, был известным специалистом миколого-флористического направления. Высокую оценку его научной деятельности и работы руководимой им станции дал А.А. Ячевский: «В истории развития фитопатологии в России Смела сыграла важную роль и заняла почётное место, чему, по-видимому, послужило то обстоятельство, что на ней работали выдающиеся деятели (Тржебинский, Васильев, Гарбовский). За время своего существования станция издала много интересных работ… Во главе её стоит теперь Г. Неводовский, серьёзный и вдумчивый фитопатолог, который, несомненно, может и захочет поддержать славные традиции станции» [13].

Смелянская энтомологическая станция в этот период действительно успешно развивалась. С 1914 г. она стала называться мико-энтомологической, что отвечало некоторому изменению направления её исследований – микология с уклоном в фитопатологию. В течение десяти последующих лет вышла серия работ, содержащих новые данные по микофлоре и болезням растений Правобережной Украины.

После 1917 г. Смелянская станция перешла в ведение Сортосеменного управления Главсахара, а в 1924 г. её закрыли. Микологический отдел вошёл в состав Мироновской опытно-селекционной станции в качестве лаборатории фитопатологии, заведовать которой начал В.П. Муравьёв. В лаборатории продолжалось изучение болезней сахарной свёклы, результатом которого стала сводная работа В.П. Муравьёва «Болезни и аномалии сахарной свёклы» (1928) [14].

За годы существования Смелянской станции её сотрудниками был сделан значительный вклад в развитие отечественной фитопатологической науки и практики. Высокую оценку её работе дал Т. Д. Страхов, отметивший, что «Смелянская станция в значительной мере устранила пробел в изучении микологической флоры Правобережной Украины. Эта станция положила начало более планомерным исследованиям и стала одним из первых мест в Киеве по подготовке кадров для будущих, более широких работ» [15].

Список литературы

1. Муравьёв В. П. Развитие фитопатологии на Украине за тридцать лет Советской власти. Докл. на сессии АН УССР, посвящённой XXX-летию Великой Октябрьской социалистической революции. 22. 11. 1947 г. Архив НАН Украины. Оп. 18. 167 л.
2. Мечникова О. Н. Жизнь Ильи Ильича Мечникова. М.-Л.: Госуд. изд-во. 1926. 232 с.
3. Красильщик И. Грибные эпидемии как средство в борьбе с насекомыми, повреждающими свекловичные плантации. Записки Киевского отделения Имп. русского об-ва по свеклосахарной пром-ти. 1885; 15(3): 29-46.
4. Мечников И. И. О болезнях свекловичного долгоносика. Земледельческая газета. 1879: 508.
5. Даныш И. Свекловичный долгоносик и мускардина. Журн. опытной агрон. 1921; 2. Кн. 4: 464-82.
6. Отфиновский В. По изучению средств борьбы с насекомыми. Вестник сахарной промышленности. 1904; 46: 835.
7. Васильев В.М., Тржебинский И.Н., Отфиновский В.Н. Краткий предварительный обзор трудов Смелянской энтомологической станции Всероссийского общества сахарозаводчиков на 1904 год. Там же. № 45-46: 863-88.
8. Тржебинский И. Увядание и загнивание наружных листьев свекловицы. Вестник сахарной пром-ти. 1904. № 46. С. 869-871.
9. Тржебинский И. Микроорганизмы корнееда и изменения, вызываемые ими в свекловичных ростках. Киев, 1907. 43 с.
10. Тржебинский И. Германские фитопатологические станции, их организация и деятельность. Киев, 1907. 28 с.
11. Тржебинский И. Бактериальные заболевания корней сахарной свёклы. Вест. сахарной промышленности. 1911. № 36. С. 294-303; № 37. С. 333-340; № 38. С. 358-361; № 39. С. 394-401.
12. Гарбовский Л. Влияние искусственной инфекции сухой гнилью на содержание сахара в свёкле. Там же. 1912; 13(2): 778-783; 817-821.
13. Ячевский А. А. Обзор деятельности Бюро по микологии и фитопатологии за 10 лет его существования. СПб. 1917: 31 с.
14. Муравьёв В. П. Болезни и аномалии сахарной свёклы. Киев: Издание Сахаро-семенного управления, 1929: 80 с.
15. Страхов Т.Д. Материалы к истории микологии и фитопатологии на Украине. Вопросы фитопатологии и иммунитета растений. Тр. Харьк. с.-х. ин-та. 1962; 38: 7-47.

ЭНТОМОПАТОГЕННЫЕ ГРИБЫ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКИ (*EURYGASTER INTEGRICEPS* PUT., HEMIPTERA: INSECTA) В УЗБЕКИСТАНЕ

Халиллаев Ш.А.

Институт генофонда растительного и животного мира АН РУз, Ташкент

Клоп вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put., Hemiptera: Insecta) является опасным вредителем зерновых колосовых культур, особенно большой вред он наносит пшенице. Поэтому очень важное значение имеет выявление энтомопатогенных видов грибов, вызывающих гибель вредной черепашки. К настоящему времени известны виды грибов *Aspergillus*, *Spicaria*, *Fusarium*, *Beauveria,* вызывающие гибель личинок и имаго. На основе гриба *Beauveria bassiana* получен биопрепарат, предназначенный для применение в борьбе с вредителем (Евлахова, 1974, Коваль, 1974, Суздальская, 1958.).

Для определение видового состав энтомопатогенных грибов, поражающих вредную черепашку в условиях Узбекистана, проведено исследование популяции вредителя в Ташкентской области. Выделено 4 вида грибов, вызывающих заболевания личинок и имаго вредной черепашки.

Класс Eurotiomycetes, порядок *Eurotiales*, семейство *Trichocomaceae*.

Семейство *Trichocomaceae* (*Moniliaceae*) включает более 1500 видов грибов. Большинство несовершенных грибов – паразитов насекомых – входит в состав гифомицетов *Moniliaceae*, включающих следующие наиболее известные роды энтомопатогенных грибов.

Acremonium Link с 1 энтомопатогенным видом, *Aspergillus* Link. с 6 видами, *Beauveria* Vuill. с 2 видами, *Cephalosporium* Corda. с 4 видами, *Metarrhizium* Sorok. с 3 видами, *Paecilomyces* Bain. с 2 видами, *Scopulariopsis* Bain. с 1 видом, *Sorosporella* Sorok. с 1 видом, *Verticillium* Nees. ex Walle. с 3 видами,*Spicaria* Hazz. с 3 видами.

Род *Aspergillus* Link.

Вид *Aspergillus flavus* Link.

Хозяин-насекомое – вредняя черепашка, имаго, личинка.

Эпизоотология. Среди проанализированнх особей в имагинальной стадии было поражено 3,8–7,6%, в фазе личинок 5,2–6,1%. Интенсивность инвазии высокая.

Место и время обнаружения. Пискентский район, 28.04.2011г., Ахангаранский район, 22.04.2012 г., Алмалыкский район, 22.04.2012 г.

Насекомые-хозяева по данным других авторов. Грибы найдены также на *Aphis melifera* L., *Euura atra (Hymenoptera), Euregaster integriceps* Put., *Pseudococcus citri, P. bonuses, Edwardsiana prinicola (Homoptera), Pectinophora malvella* Hb. *(Lepidoptera), Agrotis segetum, Calliptamus italicus* L., *Locusta migratoria* L. (Агзамова., 1978., Евлахова., 1974., Нуржанов., 1989 г.).

Род *Paecilomyces*

2. Вид *Paecilomyces sp.*

Насекомое-хозяин – вредняя черепашка, имаго, личинка.

Эпизоотология. Поражение имаго 3,6-5,2%, личинок 2,5–4,4%. Интенсивность инвазии невысокая.

Место и время обнаружения. Пискентский район, 7.05.2011 г., Ахангаранский район, 27.04.2012 г., Алмалыкский район, 25.04.2012 г.

Насекомые-хозяева по данным других авторов. Вызывает заболевание разных видов насекомых (Викторов, 1967; Нуржанов, 1989.)

Класс *Sordariomycetes*, порядок *Microascales*, семейство *Microascaceae*,

Род *Microascus* (*Scopulariopsis*).

3. Вид *Microascus* (*Scopulariopsis*) *brevicaulus* (Sacc.) Bain.

Насекомое-хозяин – вредняя черепашка, имаго, личинка.

Эпизоотология. Поражение имаго 4,8–6,0%, личинок 2,2–4,1%. Интенсивность инвазии невысокая.

Место и время обнаружения. Пискентский район, 29.04.2011 г. Ахангаранский район, 27.04.2012 г., Алмалыкский район, 25.04.2012 г.

Насекомые-хозяева по данным других авторов.

Выявлено среди видов *Anisoplia austriaca* Herbst. *(Coleoptera), Coccoecia crataegata* Hb., *Phalera bicephala* L., *Dendrolimus sibiricus (Lepidoptera), Locusta migratoria* L., *Dociostaurus maroccanus* Thunb., а также у видов *Diptera* ва *Hymenoptera* (Евлахова, 1974; Нуржанов, 1989, Коваль, 1974.)

Порядок *Hypocreales*, семейство *Claviciptaceae*.

Род *Cordyceps* Fr. 1833.

4. Вид *Cordyceps sp.*

Хозяин-насекомое – вредняя черепашка, имаго.

Эпизоотология. Поражение имаго 3,5–5,7%, личинок 3,7–5,1%. Интенсивность инвазии невысокая.

Место и время обнаружения. Пискентский район, 27.04.2011 г., Ахангаранский район, 24.04.2012 г.

Насекомые-хозяева по данным других авторов. Вызывает гибель более 200 видов насекомых из отряда *Orthoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* ва *Hymenoptera* и др.

Для решение проблемы микробиологического метода борьбы с вредной черепашкой нами была изучена вирулентность штамма ВД-85 гриба *Beauveria brongniartii* (Sacc.), выделенного от мароккской саранчи (*Dociostaurus maroccanus* (Thnb.)), в условиях Узбекистана.

Результаты экспериментов показали высокую активность этого штамма против клопов. После обработки суспензией спор гриба гибель насекомых началась уже на 3-й день эксперимента и составляла 2,6±0,1%, 4,1±0,3%, 7,2±0,2% при дозах с титрами $1x10^3$, $1x10^5$, $1x10^7$ спор/мл соответственно. Их смертность на 9-й день учета была 30,4±0,3%, 37,4±0,6%, 50,6±0,3% и к концу опыта, который продолжался 15 сут, гибель клопов составляла 72,3±0,4%, 85,0±0,3%, 99,3±0,4% при концентрации суспензии $1x10^3$, $1x10^5$, $1x10^7$ спор/мл соответственно.

Микроскопический анализ погибших особей вредной черепашки при экспериментальном заражении их данным штаммом гриба показал, что массовая гибель насекомых происходит после бурного роста мицелий внутренней полости зараженных особей.

При содержании погибших особей во влажной камере – в чашках Петри с увлажненным кусочком фильтровальной бумаги –наблюдается рост мицелия гриба на поверхности насекомых.

Таким образом, в условиях Ташкентской области выявлены энтомопатогенные грибы *Aspergillus flavus* (Link.), *Scopulariopsis brevicaulus* (Sacc.) Bain., *Paecilomyces sp*., *Cordyceps sp*. вызывающие заболевания у вредной черепашки. Из них активность видов *S. brevicaulus* (Sacc.) Bain., *Paecilomyces sp*., *Cordyceps sp*. отмечена впервые.

Штамм ВД-85 гриба *Beauveriabrongniartii (Sacc.)*, выделенной из мароккской саранчи (*Dociostaurus maroccanus* (Thnb.)), оказался высоко патогенным для вредной черепашки в имагинальной стадии развития.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РЖАВЧИННОГО ГРИБА *COLEOSPORIUM TUSSILAGINIS* (PERS.) KLEB. С ЛИЧИНКАМИ ГАЛЛИЦ-МИЦЕТОФАГОВ *MYCODIPLOSIS PUCCINIAE* (PRITCHARD, 1948).

Малеева Ю.В., Головачев Я.А., Шилович А.А., Ивницкий С.
Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Исследование взаимоотношений ржавчинных грибов с насекомыми-мицетофагами важны как для понимания экологии сложных естественных сообществ, так и для разработки биологических методов борьбы с этими фитопатогенами в агроценозах.

Coleosporium tussilaginis (Pers.) Kleb. – разнохозяйственный ржавчинный гриб из семейства *Coleosporiaceae*. Основной хозяин – сосна, на иглах которой развивается зимующий мицелий на эцидиальной стадии. При этом урединио- и телио-стадии гри-

ба могут развиваться на нескольких видах цветковых растений, в том числе на мать-и-мачехе и крестовнике. В течение лета гриб дает несколько поколений урединиоспор в коротких цепочках. Телейтопустулы появляются во 2-й половине лета и прикрыты эпидермисом.

Мицетофагия широко распространена у насекомых. Примером могут быть свободноживущие галлицы *Mycodiplosis pucciniae* – мелкие комарики (Diptera, **Cecidomyiidae**), личинки которых не образуют галлов, а открыто живут на листьях растений и питаются преимущественно спорами ржавчинных грибов. Это представители эфемеров, жизненный цикл которых занимает около недели, и естественный отбор идет по темпам роста (Мамаев, Кривошеина, 1965).

Митохондриальный геном этих мелких (до 1мм) насекомых очень компактен, обогащен перекрывающимися генами, белок-кодирующие гены отличаются небольшими размерами, а одной из задач обнаруженного здесь редактирования тРНК, вероятно, является исправление ошибок, возникающих при высокой скорости репликации генома (Beckenbach, Joy, 2009). Данное семейство относится к низшим Двукрылым, для которых известно, что они исходно сформировались в околоводных биотопах с гниющими растительными остатками, перерабатывать которые этим личинкам с внешним типом пищеварения помогали грибы. Возраст этой группы – более 150 млн лет.

Галлицы-мицетофаги группы *Mycodiplosis pucciniae* – сложный комплекс меж- и внутривидовых форм двукрылых, тесно связанных с разнообразием растений-хозяев. Взрослые насекомые не питаются и живут 2–3 сут, поэтому дивергенция в группе обеспечивается особенностями питания личиночной стадии насекомых. В данном случае дивергенция связана с расхождением по разным видам ржавчины – непосредственного пищевого субстрата личинок. Изучение особенностей пищевых предпочтений в популяциях этих насекомых и закономерностей возникновения специализации имеет большое значение для понимания формирования сложных коэволюционных взаимоотношений и механизмов дифференциации видов.

При этом личинки насекомых-мицетофагов, в свою очередь, являются фактором, регулирующим развитие и распространение ржавчинного гриба. Они переносятся по воздуху со спорами ржавчины на новые растения, питаются спорами ржавчины за счет внекишечного пищеварения. На поздних стадиях сукцессии при достаточной влажности к этому комплексу добавляются микофильные грибы, обладающие с одной стороны мощным индуцибельным спектром гидролитических ферментов, а с другой – секретируемыми во внешнюю среду токсинами.

Вопрос о специализации насекомых из этой малоизученной группы по отношению к растениям-хозяевам и развивающимся на них видам-прокормителям ржавчинных грибов остается открытым. Одни исследователи относят всех галлиц, личинки которых питаются спорами ржавчинных грибов, к виду *M. pucciniae*. Например, такие представления отражены в классической систематической сводке по морфологии личинок галлиц (Мамаев, Кривошеина, 1965). Другие сильно дробят вид в зависимости от гриба-прокормителя, активно используют молекулярные признаки (например, Nelsen, 2013). Рибосомные ITS-спейсеры, ранее продемонстрировавшие свою эффективность для дифференцирования внутри- и межвидовых форм у высших двукрылых, для диагностики личинок галлиц *Mycodiplosis* sp. не использовались.

Задачи данной работы. (1) Исследовать особенности и темпы воздействия личинок галлиц *Mycodiplosis*

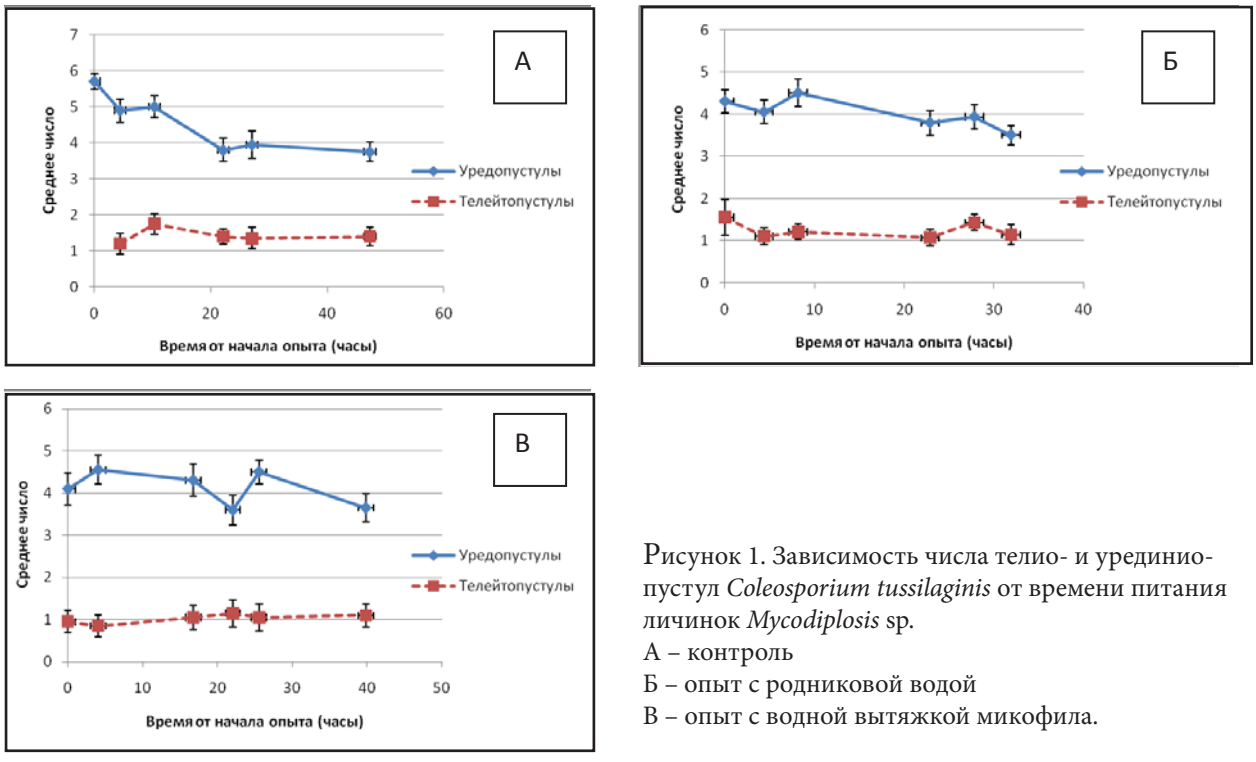


Рисунок 1. Зависимость числа телио- и урединиопустул *Coleosporium tussilaginis* от времени питания личинок *Mycodiplosis* sp.
А – контроль
Б – опыт с родниковой водой
В – опыт с водной вытяжкой микофила.

sp.на спороношения ржавчинных грибов *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Kleb. в присутствии и отсутствие микофильной инфекции; (2) сравнить по рибосомным ITS-спейсерам личинок галлиц, собранных в природе на листьях мать-и-мачехи и крестовника приречного, зараженных одним и тем же ржавчинным грибом *C. tussilaginis*.

Личинки галлиц *Mycodiplosis* sp. были собраны 21–26 июля 2014 г. на листьях мать-и-мачехи *Tussilago farfara* и крестовника приречного *Senecio fluviatilis* с ржавчинным грибом *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Kleb. на территории Звенигородской биостанции МГУ. В лаборатории фрагменты листьев со ржавчиной и личинками галлиц помещали на трое суток во влажные камеры (чашки Петри с фильтровальной бумагой) и 3 раза в сутки проводили учет следующих показателей - общее количество урединиопустул, общее количество телиопустул, число галлиц на фрагменте листа, количество выеденных пустул. Для каждого учёта в опытах (контрольном, с добавлением капельно-жидкой влаги, с добавлением водной вытяжки поражённых микофилом пустул) подсчитаны средние значения измеряемых показателей и средняя ошибка. Повторность – 10 чашек на каждый вариант. Общее количество личинок – 180 шт.

Результаты эксперимента приведены на рис. 1. На всех графиках линия, отображающая динамику числа телиопустул, является практически горизонтальной, что показывает неизменность среднего количества регистрируемых телиев в опытах и контроле. Получившаяся динамика числа урединиопустул более информативна: в контрольном опыте наблюдается явное снижение регистрируемого числа пустул с течением эксперимента. Это снижение достаточно выражено и наблюдается равномерно в течение всего опыта. В серии с добавлением на фрагмент поражённого листа капельно-жидкой воды это снижение выражено значительно более слабо. Динамика для опыта с добавлением вытяжки микофила не выражена совсем.

Отрицательная связь между числом веденных пустул и числом питающихся личинок галлиц, представленная на рис. 2, была оценена с помощью непараметрического критерия корреляции Спирмена. Результаты анализа, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что данная связь подтверждается на высоком уровне статистической значимости.

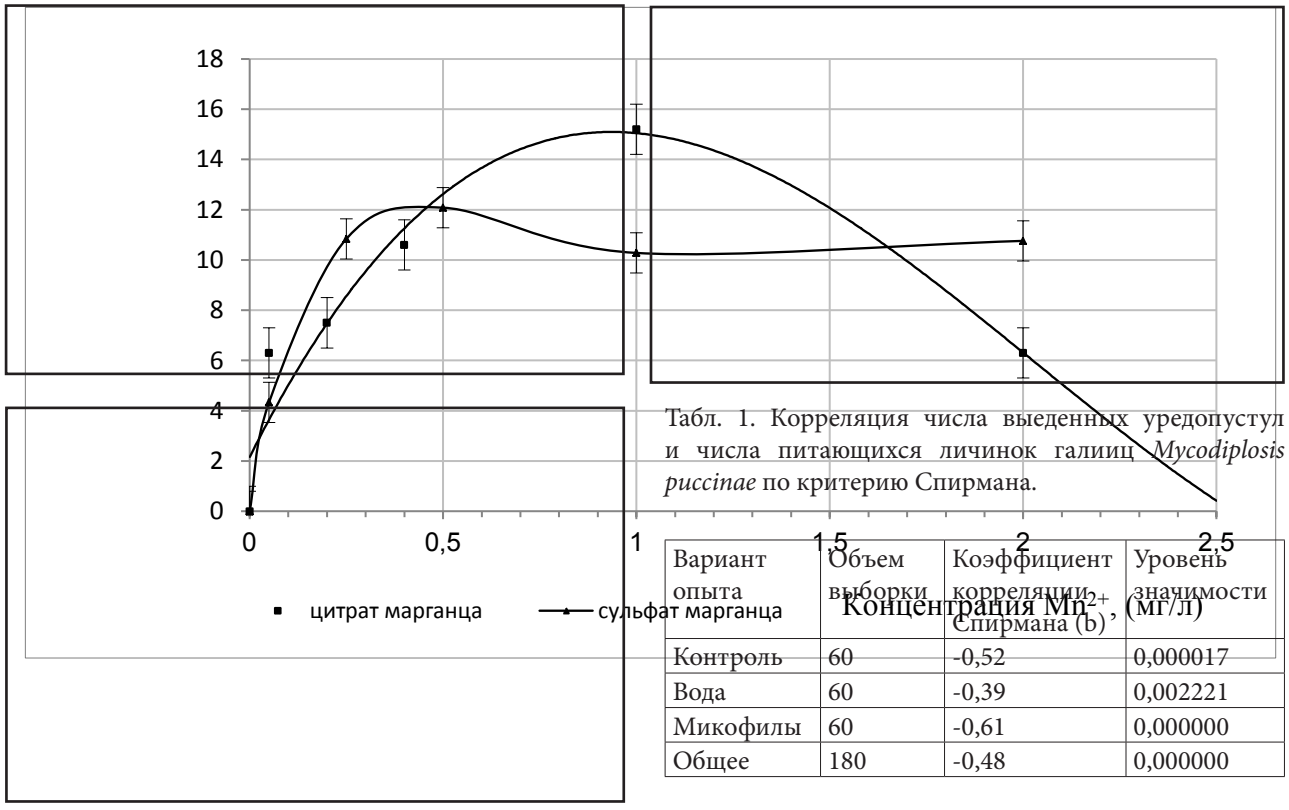


Рис. 2. Зависимость числа галлиц *Mycodiplosis* sp. и числа выеденных пустул *Coleosporium* tussilaginis от времени:
А – контроль
Б – опыт с родниковой водой
В – опыт с водной вытяжкой микофила.

Табл. 1. Корреляция числа выеденных уредопустул и числа питающихся личинок галиии *Mycodiplosis puccinae* по критерию Спирмана.

Вариант опыта	Объем выборки	Коэффициент корреляции Спирмана (b)	Уровень значимости
Контроль	60	-0,52	0,000017
Вода	60	-0,39	0,002221
Микофилы	60	-0,61	0,000000
Общее	180	-0,48	0,000000

Качественная оценка закономерности изменения общего число уредопустул в ходе опыта подтверждается результатами регрессионного анализа. Он показал, что существует статистически значимая тенеденция к уменьшению общего числа урединиопустул в контроле и варианте опыта с водой. В варианте опыта с микофилами это статистически не подтверждается. Аналогично изменение среднего числа телейтоспор в ходе проведения всех серий опытов не выявлено.

Таким образом, проведенный эксперимент свидетельствует о том, что личинки галлиц-мицетофа-

Табл. 2. Изменение числа разных типов пустул в ходе опыта, оцененное с помощью коэффициента регрессии (*r*)

Вид пустул	Варианты опыта	Коэффициент регрессии (*r*)	Уровень значимости
Уредопустулы	Контроль	-0,040	0,02
	Вода	-0,022	0,05
	Микофилы	-0,014	н.з.
Телейтопустулы	Контроль	0,007	н.з.
	Вода	-0,004	н.з
	Микофилы	0,006	н.з

гов *Mycodiplosis puccinae* эффективно снижают численность ржавчинного фитопатогена *Coleosporium tussilaginis* на расселительной урединиостадии, практически не влияя на гриб, находящийся на покоящейся телейтостадии, защищенной эпидермисом, что обеспечивает относительный баланс в системе.

ПЦР-анализ показал, что по рибосомным ITS-спейсерам личинки галлиц, собранные на мать-и-мачехе и крестовнике приречном, зараженных одним и тем же грибом *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Kleb., не отличаются, что свидетельствует в пользу представления о том, что это один и тот же вид галлицы.

Список литературы

1. Мамаев Б.М., Кривошеина Н.П. 1965. Личинки галлиц. М.: Наука: 278 с.
2. Beckenbach J. Evolution of the mitochondrial genomes of gall midges (Diptera: Cecidomyiidae): Rearrangement and severe truncation of tRNA Genes.Genome Biol. Evol. 2009; 1: 278-87.
3. Nelsen D.J. A phylogenetic analysis of species diversity, specificity, and distribution of *Mycodiplosis* on rust fungi. A Thesis for the degree of Master of Science in The Department of Plant Pathology and Crop Physiology. B.S., Minnesota State Univ., Mankato, 2010. May 2013. 152 p.

МИКРОСПОРИДИИ В ПОПУЛЯЦИЯХ СТЕБЛЕВЫХ МОТЫЛЬКОВ РОДА *OSTRINIA*

Малыш Ю.М., Токарев Ю.С., Конончук А.Г., Грушевая И.В., Фролов А.Н.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

Микроспоридии – группа внутриклеточных паразитов животных, родственных грибам. Наибольшими показателями видового разнообразия и распространения обладают микроспоридии членистоногих. У доминантных видов насекомых-фитофагов, особенно чешуекрылых, эти паразиты часто выступают в качестве естественных регуляторов динамики численности (Токарев и др., 2007). В связи с этим, особую актуальность имеют работы по оценке уровней заражённости и видового состава микроспоридий в популяциях вредных насекомых и их сородичей. В европейских популяциях стеблевых мотыльков рода *Ostrinia*, включающего такого опасного вредителя кукурузы, как *Ostrinia nubilalis*, наибольшее распространение имеет микроспоридия *Nosema pyrausta,* однако встречаются представители других филогенетических линий, составляющих класс Terresporidia (Tokarev et all, 2008). Исследования видового состава микроспоридий стеблевых мотыльков на территории России до сих пор были ограничены территорией Краснодарского края (Малыш и др., 2011; Tokarev et all, 2015).

Для скрининга коллекции образцов геномной ДНК стеблевых мотыльков фауны России и сопредельных стран на заражённость микроспоридиями был применён метод ПЦР-диагностики, использован набор универсальных праймеров 18f:1047r (Weiss, Vossbrinck, 1999), фланкирующий участок гена малой субъединицы рРНК, сравнительно небольшой (около 900 н.о.) для уверенной амплификации ДНК паразитов в образцах заражённых насекомых, но при этом достаточно протяжённый для однозначной идентификации видовой принадлежности в большинстве групп микроспоридий. Заражённость микроспоридиями проанализированных выборок составила от 0 до 50 %, при этом максимальная заражённость насекомых как на кукурузе, так и на двудольных наблюдалась в Белгородской области (зона одного поколения). Секвенирование амплификатов позволило, помимо повсеместно распространённого вида *Nosema pyrausta* (от Белгородской области до Юго-Восточного Казахстана), зарегистрировать неоднократные случаи заражения насекомых, обитающих на двудольных сорняках (2 в Азовском районе Ростовской области и 1 в Лаишевском районе республики Татарстан), неидентифицированным видом микроспоридии *Microsporidium* sp. Port-Katon. Среди депонированных в Генбанке записей, максимальное сходство (на уровне 85 %) с данным гаплотипом имеют виды рода *Trachipleistophora, Vavraia* и ряд неидентифицированных форм из байкальских амфипод и сверчков. Таким образом, у стеблевого мотылька впервые обнаружена микроспоридия из класса Marinosporidia, большинство представителей которого паразитируют у морских и пресноводных рыб и ракообразных. Широкое распространение микроспоридий обоих видов позволяет использовать внутривидовой генетический полиморфизм паразитов в качестве маркера сегрегации географических популяций стеблевых мотыльков на внутривидовом уровне (Timi

et al., 2010). Наконец, в популяции стеблевого мотылька, собранного на конопле в Алматинской области Республики Казахстан, выявлен один случай заражения гусениц микроспоридией *Nosema apis*, известной как паразит медоносной пчелы. Ранее заражение чешуекрылых насекомых этим видом микроспоридий не регистрировалось, однако показано присутствие другого паразита медоносной пчелы, *Nosema ceranae,* в гусеницах лугового мотылька в Ростовской области (Malysh et al., 2014).

Исследования поддержаны грантами РФФИ (13-04-00693 и 15-04-01226) и Советом по грантам Президента РФ (МД-4284.2015.4).

Список литературы

1. Токарев Ю.С., Малыш Ю.М., Дубинина Е.В. и др. Значение микроспоридий для микробиологического контроля численности вредных членистоногих. Защита карантин раст. 2007; 12: 14-6
2. Tokarev YS, Malysh JM, Audiot P et all. Prevalence rates and genetic diversity of microsporidia associated with European corn borer Ostrinia spp. (Lepidoptera: Crambidae) in France. Abstr. 41th Annu. Meeting S.I.P. Warwick, Coventry, UK. (2008): 34
3. Малыш Ю.М., Токарев Ю.С., Ситникова Н.В., Конончук А.Г., Грушецкая Т.А., Фролов А.Н., 2011. Зараженность микроспоридиями стеблевых мотыльков рода *Ostrinia* (Lepidoptera: Crambidae) в Краснодарском крае. Паразитология. 2011; 45: 234-44
4. Tokarev YS, Malysh JM, Kononchuk AG et all. Redefinition of Nosema pyrausta (Perezia pyraustae Paillot 1927) basing upon ultrastructural and molecular phylogenetic studies. Parasitol Res. 2015; 114: 759-761
5. Timi JT, Lanfranchi AL, Luque JL. Similarity in parasite communities of the teleost fish Pinguipes brasilianus in the southwestern Atlantic: infracommunities as a tool to detect geographical patterns. Int J Parasitol. 2010; 40: 243-54
6. Malysh J, Tokarev Y, Frolov ANet all. Microsporidia in beet webworm Loxostege sticticalis (Pyraloidea: Crambidae): A survey of 2013. Abstr. 47th Ann S.I.P. meeting. Julius Kuhn Institute, Meinz, Germany. (2014): 120.

МУЛЬТИЛОКУСНОЕ ГЕНОТИПИРОВАНИЕ ШТАММОВ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ РОДА *LECANICILLIUM* (=*VERTICILLIUM LECANII* S.L.)

Митина Г.В, Токарев Ю.С., Первушин А.Л., Чоглокова А.А.
Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург - Пушкин

В результате применения современных молекулярных исследований ревизия рода *Verticillium* секция *Prostrata* привела к описанию новых видов энтомопатогенных грибов, составивших род *Lecanicillium*, представители которого ранее относились к комплексному виду *Verticillium lecanii* (Zare, Gams, 2001).

Для идентификации новых видов и штаммов бывшего вида *Verticillium lecanii* были изучены гены внутреннего транскрибируемого спейсера ITS, β-тубулина и ряд митохондриальных генов (Zare et al., 2000; Zare, Gams, 2001). На основе комбинации сиквенсов 4 генов (митохондриальных генов rns, nad1, nad3 в сочетании с анализом последовательностей ITS-регионов рибосомной ДНК проведена идентификации новых энтомопатогенных видов *Lecanicillium* и неидентифицированных *Verticillium* (Kouvelis et al., 2008).

Однако даже при таком системном подходе остается около 5% штаммов *Verticillium* spp., которые невозможно однозначно идентифицировать. Очевидно, необходим поиск новых комбинаций генов, дающих наиболее достоверную информацию об этих видах. Значительный массив информации представлен в Генбанке по гену бета-тубулина, для видов рода *Lecanicillium* (Zare, Gams, 2001), а также сем. *Clavicipitaceae* (Sung et al., 2007). Успешное использование гена фактора элонгации трансляции tef было показано в работе D'Alessandro et al., 2014 при идентификации и изучении филогении штаммов грибов рода *Isaria*, близкородственного таксона для рода *Lecanicillium*, представителей рода *Beauveria* и филогенетически родственных клавиципитальных грибов (Rehner, Buckley, 2005). Среди других ранее неизученных для рода *Lecanicillium* локусов интерес представляют гены межгенного региона Bloc, гены РНК-полимеразы II (Castlebury et al., 2004; Sung et al., 2007) и ген ITS-28S-интрон (Wang et al., 2003). Ядерный межгенный регион Bloc первоначально был применен для разрешения спорных вопросов по уточнению подвидов внутри *B. bassiana* (Rehner et al. 2006).

Митохондриальный ген nad1 был использован нами для предварительной идентификации видов *Lecanicillium* из коллекции ВИЗР. На выборке 13 штаммов внутри вида *Lecanicillium muscarium* были выявлены различные гаплотипы (Митина и др., 2013). Однако информации по одному локусу для ряда штаммов была недостаточной для однозначного определения вида.

Цель работы – разработка метода мультилокусного анализа грибов рода *Lecanicillium*.

Экстракцию ДНК проводили экспресс-методом (Doyle, Doyle, 1987). ПЦР-продукты выделяли прямо из геля, очистку проводили с помощью адсорбции на частицах оксида кремния (Malferrari et al., 2002). Для всех неидентифицированных штаммов рабочей выборки, был амплифицирован с помощью праймеров NAD1A/NAD1B (Kouvelis et al., 2008) и секвенирован участок митохондриального гена nad1. Среди 39 изученных изолятов самым многочисленным оказался вид *L. muscarium* (около 70% от общего количества

проанализированных штаммов). Один штамм отнесен к виду *L. longisporum* и два штамма отнесены к виду *L. psalliotae*. Сходство сиквенсов с референсными штаммами было на уровне 99–100%. Для изолятов *L. muscarium* выявлено 4 молекулярных гаплотипа гена nad1, описанных ранее. Штамм Vl 77 показал сходство с референсным штаммом *L. muscarium* (изолят C42, номер доступа в Генбанке AF487277) на 97,1%, что не позволило сделать однозначный вывод о принадлежности штамма Vl 77 к этому виду.

Для амплификации участка гена бета-тубулина были использованы праймеры T1/T22. Сходство полученных сиквенсов бета-тубулина для большинство изученных изолятов с референсными сиквенсами *L. muscarium* было на уровне 99%. Причем, представленные в Генбанке сиквенсы бета-тубулина, были между собой идентичны. При сравнении полученных сиквенсов для штаммов Vl 61, VL 49 были выявлены полиморфные сайты.

Кроме того, обнаружены различия между штаммами в двух нуклеотидных заменах в начале сиквенсов. Сиквенс, полученный для штамма Vl 77, существенно отличался от сиквенсов остальных штаммов и показал сходство на уровне 98,7% с *Isaria farinosa* L66B (HM242256.1) и *I. farinosa* MRCIF22 (EU604126.1). Это подтверждает ранее полученный результат для Vl 77 по сиквенсу гена nad1, который показал недостаточно высокое сходство с видом L. muscarium. Выявлены также полиморфные сайты, позволяющие дифференцировать гаплотипы в пределах вида *I. farinosa.*

Новые данные были получены при изучении сиквенсов участка гена фактора элонгации трансляции (tef). В результате амплификации с праймерами IF 1a983F и IF 1a1567R (Rehner, Buckley, 2005) и сравнения нуклеотидных последовательностей было установлено, что сходство между *L. psalliotae*, *L. muscarium*, *L. longisporum* составило 86,9–95,8 %. Среди изученных штаммов вида *L. psalliotae* (Vl 78, Vl 79, ARSEF 2234) были обнаружены 3 различных гаплотипа, между которыми уровень сходства составил от 98,9 до 99,5%. Штамм ARSEF 7550 (полученный под видом *L. lecanii*) имел более отличающийся сиквенс от сиквенсов других изолятов и показал сходство с референсным штаммом *Simplicillium lanosoniveum* CBS 101267 (DQ522357) на уровне 99%.

Штаммы вида L. muscarium, представляющие различные гаплотипы по nad1, имели идентичные сиквенсы по гену tef. Это было показано также на примере еще 6 штаммов (Vl 11, Vl 15, Vl 24, Vl 35, Vl 55, Vl 76), что подтверждает наши выводы о принадлежности этих штаммов к одному виду. Такие штаммы, как ARSEF 321 и ARSEF 1401, обладающие сходством на 99,7%, также были идентифицированы как *L. muscarium*.

Среди представленных данных в Генбанке по фактору элонгации наиболее близким к полученным нами сиквенсам для вида *L. muscarium* оказался вид *L. attenuatum* штамм CBS 402.78, сходство на уровне 99,7%.

Сиквенсы по гену tef, полученные впервые для вида *L. muscarium,* были депонированы в Генбанк, а также сиквенсы штаммов *L. psalliotae* (Vl 78, Vl 79, ARSEF 2234), представляющие собой отдельные гаплотипы и сиквенс *Simplicillium lanosoniveum* (ARSEF 7550) (номера доступа KP276767- KP276771).

Анализ сиквенсов участка гена ITS-28S-интрон показал, что только Vl 13 (*L. longisporum*) имеет вставку 473 нуклеотидов. Сходство с референсными сиквенсами из Генбанка было обнаружено на уровне 87% с *Beauveria bassiana* (AF430699.1). Остальные штаммы *L. muscarium*, включая виды *L. pissodis* (ARSEF 8057) и *L. psalliotae* (Vl 78) показали полную идентичность ампликонов между собой на участке элаймента длиной 500 нуклеотид. Таким образом, изученный регион представляет интерес для изучения полиморфизма внутри видов *Lecanicillium*, имеющих интроны, в частности для *L. longisporum* (штамм Vl 13).

Амплификация таких регионов как Bloc и РНК-полимеразы II была положительной только для отдельных штаммов рабочей выборки, что показало дальнейшую нецелесообразность использования данных локусов для разработки метода мультилокусного генотипирования грибов рода *Lecanicillium*.

Таким образом, наиболее информативным локусом, позволяющим идентифицировать виды грибов рода *Lecanicillium* и выявлять внутривидовые различия штаммов, является митохондриальный ген nad1. Однако, если в выборке присутствуют не только *Lecanicillium* spp., но и представители других близкородственных таксонов, в качестве дополнительных локусов необходимо использовать ген фактора элонгации трансляции tef и ген бета-тубулина.

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-04-01905.

Список литературы

1. Zare R, Gams W, Culham AA. A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. I. Phylogenetic studies using ITS sequences. Nova Hedwigia. 2000; 71: 465-80.
2. Kouvelis VN, Sialakouma A, Typas MA. Mitochondrial gene sequences alone or combined with ITS region sequences provide firm molecular criteria for the classification of *Lecanicillium* species. Mycol Res. 2008; 112(7): 829-44.
3. Zare R, Gams W. A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. Nova Hedwigia. 2001; 73: 1–50.
4. D'Alessandro CP, Jones LR, Humber RA et all. Characterization and phylogeny of *Isaria* spp. strains (*Ascomycota*: *Hypocreales*) using ITS1-5.8S-ITS2 and elongation factor 1-alpha sequences. J Basic Microbiol. 2014; 54: 21-31.
5. Sung G-H, Sung J-M, Hywel-Jones NL, Spatafora JW. A multigene phylogeny of *Clavicipitaceae* (*Ascomycota*, Fungi): identification of localized incongruence using a combinational bootstrap approach. Mol Phylogenet Evol. 2007; 44: 1204-23.
6. Rehner S.A., Buckley E.A. *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1-alpha sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps teleomorphs*. Mycologia. 2005; 97(1): 84-98.

7. Castlebury LA, Rossman AY, Sung GH et all. Multigene phylogeny reveals new lineage for *Stachybotrys chartarum*, the indoor air fungus. Mycol. Res. 2004; 108: 864-72.
8. Wang C-S, Shah FA, Patel N et all. Molecular investigation on strain genetic relatedness and population structure of *Beauveria bassiana*. Environ Microbiol. 2003; 5: 908-15.
9. Rehner SA, Posada F, Buckley EP et all. Phylogenetic origins of African and neotropical *Beauveria bassiana* s.l. pathogens of the coffee berry borer, Hypothenemus hampei. J Invertebr Pathol. 2006; 93: 11-21.
10. Митина Г.В., Токарев Ю.С., Ули-Маттила Т. Видовая идентификация штаммов энтомопатогенных грибов рода *Lecanicillium* (=*Verticillium lecanii* s.l.) с помощью молекулярных маркеров. Евр. энтомол. журн. 2013; 12(5): 431-7.
11. Doyle JJ, Doyle JL. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem Bull. 1987; 19: 11-5.
12. Malferrari G, Monferini E, DeBlasio P et all. High-quality genomic DNA from human whole blood and mononuclear cells. BioTechniques. 2002; 33(6): 1228-30.

МИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПЧЕЛОВОДСТВА

Осинцева Л.А.
Новосибирский государственный аграрный университет

Наиболее известными и широко эксплуатируемыми биологическими ресурсами пчеловодства являются нектар и пыльц медоносных растений, а также продукты, получаемые в результате их переработки пчелами. Широкие экологические ниши микромицетов определяют возможность их роста и развития как на медоносах, так и в пчелопродуктах. Использование продуктов пчеловодства в нативном виде заставляет уделять пристальное внимание их микробиологической безопасности. Поэтому вопросы, касающиеся оценки факторов формирования микологической безопасности пчелопродуктов имеют несомненный практический интерес.

Основным фактором является вид пчелопродукта, формирующий физико-химическую специфику пищевого субстрата микробиоты. По количеству выделенных изолятов и видовому разнообразию микромицетов, дрожжевых и дрожжеподобных грибов формируется следующий ряд по мере убывания этих характеристик: пыльцевая обножка > покровы пчёл-фуражиров > перга > прополис > пыльца медоносных растений> мед > нектар; покровы пчёл-фуражиров > пыльцевая> обножка > прополис > пыльца медоносов > перга>нектар > мёд соответственно.

Вторым по значимости фактором являются погодные условия. В пчелопродуктах, на теле лётных пчёл, пыльце медоносов и в нектаре, собранных в контрастные по условиям температуры и влажности воздуха вегетационные сезоны, видовое представительство различается в 1,5…2 раза (от 17 до 32 видов). Родовое разнообразие более стабильно и составляет 12…16 родов, относящихся к 4 классам, и > 50% идентифицированных родов из класса Hyphomycetes.

В сообществах грибов на изучаемых субстратах наибольшим количеством видов представлены роды *Penicillium* (от 2 до 9 видов) и *Aspergillus* (от 0 до 5 видов). Все идентифицированные виды микромицетов являются обычными и постоянными представителями биоценозов лесостепной зоны юга западной Сибири, выполняющими известную роль деструкторов органического вещества в экосистемах. Патогенных для животных и человека видов не выявлено, за исключением *A. fumigatus* и *A. niger* (частота встречаемости на пчелах – 0,8, на пыльцевой обножке – 3%) и *Ascosphaera apis* (частота встречаемости на пчелах – 0,15, на пыльцевой обножке – 0,6, в перге – 0,7%). Оппортунистические виды грибов обнаруживаются на покровах пчёл-фуражиров, пыльцевой обножке и прополисе. Из доля составляет от 1 до 12% видового разнообразия изучаемых грибных сообществ.

Превышение уровня гигиенического нормирования контаминации пчелопродуктов грибами и дрожжами отмечается при не соблюдении требований к условиям хранения или обработки пыльцевой обножки и перги. Однако экологическое нормирование микробиоты биологических ресурсов пчеловодства в настоящее время не разработано.

Изучение микобиоты пчелопродуктов, покровов пчел, цветочной пыльцы и нектара показывает, что фитопатогенные виды в её составе встречаются (частота встречаемости от 20 до 60%). Обычными являются *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link., реже встречаются *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*. Вероятно, пчёлы могут иметь определённое значение в качестве векторов передачи возбудителей микозов растений.

Фактический материал, накопленный как в результате собственных исследований, так и в публикациях других авторов позволяет предполагать, что микологическая оценка биологических ресурсов пчеловодства может иметь значение как с точки зрения изучения экологии микроскопических грибов, так и выявления уровня экологической информативности их микобиотических характеристик.

Глава 9. Лишайники

doi: 10.14427/cmr.2015.iv.09

УГОЛ НАКЛОНА ПОВЕРХНОСТИ СТВОЛА КАК ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЯ ЛИШАЙНИКОВ НА ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ КАРЕЛИИ

***Андросова В.И.*[1], *Горшков В.В.*[2], *Капитонихина О.В.*[1], *Тарасова В.Н.*[1]**
[1]*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск*
[2]*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург*

Давно замечено, что определенное влияние на расселение эпифитных лишайников влияет угол наклона поверхности ствола (Hilitzer, 1925, Barkman, 1958, Hale, 1967, Fremstad, 1977). Не строго вертикальное положение деревьев в пространстве, явление сбежистости, обусловленное изменением значений диаметра ствола на разной высоте от земли, а также различные неровности и микроискривления на его поверхности проводят к тому, что в пределах одного дерева могут формироваться участки с разными значениями угла наклона, от отрицательных до положительных. Угол наклона влияет на перераспределение стволового стока, и, следовательно, определяет степень увлажнения поверхности ствола (Barkman, 1958, Горшков, 1986). Впервые закономерности изменения количественных характеристик эпифитного покрова с углом наклона поверхности ствола были получены для сосновых лесов Кольского полуострова (Горшков, 1986).

Настоящие исследования выполнены на территории заповедника "Кивач" (62.20°с.ш., 34°в.д.) и национального парка "Водлозерский" (36.15° в.д. и 62.08°36' с.ш.) в сосновых и еловых лесах разных типов с давностью последнего нарушения 70–380 лет. В ходе исследования было заложено 80 пробных площадей, на которых выполнены полные геоботанические описания, включающие в себя определение характеристик сообществ, деревьев и напочвенного покрова. На каждой пробной площади отбирались 10-20 деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) или ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), на стволах которых анализировался эпифитный лишайниковый покров с помощью рамки размером 10х20 см у основания ствола и на высоте 1,3 м от земли с 4-х сторон света (север, запад, юг, восток).

Кроме того, в сосняках сфагновых описания выполнены на стволах сухостойных деревьев сосны, лишенных корки (на обветренной древесине). Угол наклона поверхности определялся в месте описания лишайникового покрова при помощи горного компаса. Анализ количественных данных выполнен на основе 17 040 описаний (10 910 – на ели, 5650 – на сосне и 480 – на древесине) при помощи однофакторных дисперсионного и регрессионного анализов, а также на основе сравнения средних значений при помощи непараметрического критерия Колмогорова – Смирнова.

В результате исследования установлено, что величина угла наклона поверхности ствола в изученной выборке варьирует от –18° до 40°. У основания дерева значения угла наклона ствола значимо выше, здесь чаще регистрируются его положительные высокие значения, по сравнению с высотой 130–150 см, где встречаемость отрицательных или низких положительных значений угла возрастает. Установлено, что значение угла наклона поверхности ствола влияет на величину pH субстрата (корки, древесины), тесно связано с высотой дерева, с диаметром (у основания ствола и на высоте 1,3 м), а также с величиной сбежистости ствола. Зависимость от угла наклона поверхности ствола зарегистрирована для всех основных характеристик лишайникового покрова и для большинства из них эта связь является положительной (Рис. 1-3).

Ель. Общее покрытие лишайников у основания ствола с увеличением угла наклона от –12° до 40° увеличивается в 2,3 раза (от 39 до 90%). Среднее число видов в описании возрастает с 1.9 до 3 при увеличении угла наклона с –12° до 9° и далее стабилизируется. Линейный рост покрытия с увеличением угла наклона отмечен только для видов рода *Cladonia*, суммарное покрытие которых возрастает в 6 раз при изменении угла наклона от –12° до 40°. Покрытие вида *Hypogymnia physodes* увеличивается от 0 до 6.3% при увеличении угла от –12° до 24° и далее стабилизируется, а для *Parmeliopsis ambigua* наблюдается максимум покрытия при угле наклона около 18°. Покрытие остальных доминантных видов (*Loxospora elatina*, общее покрытие видов порядка *Caliciales*) с увеличением угла наклона поверхности ствола уменьшается. На высоте 130–150 см при изменении угла наклона от –12° до 24° общее покрытие видов увеличивается в 35 раз (от 0 до 35%), среднее число видов в описании – в 5 раз (от 0,5 до 2,5). Зарегистрировано увеличение покрытий отдельных видов: *Hypogymnia physodes, Parmeliopsis ambigua, Platismatia glauca, Ochrolechia androgyna, Loxospora elatina* (рис. 1).

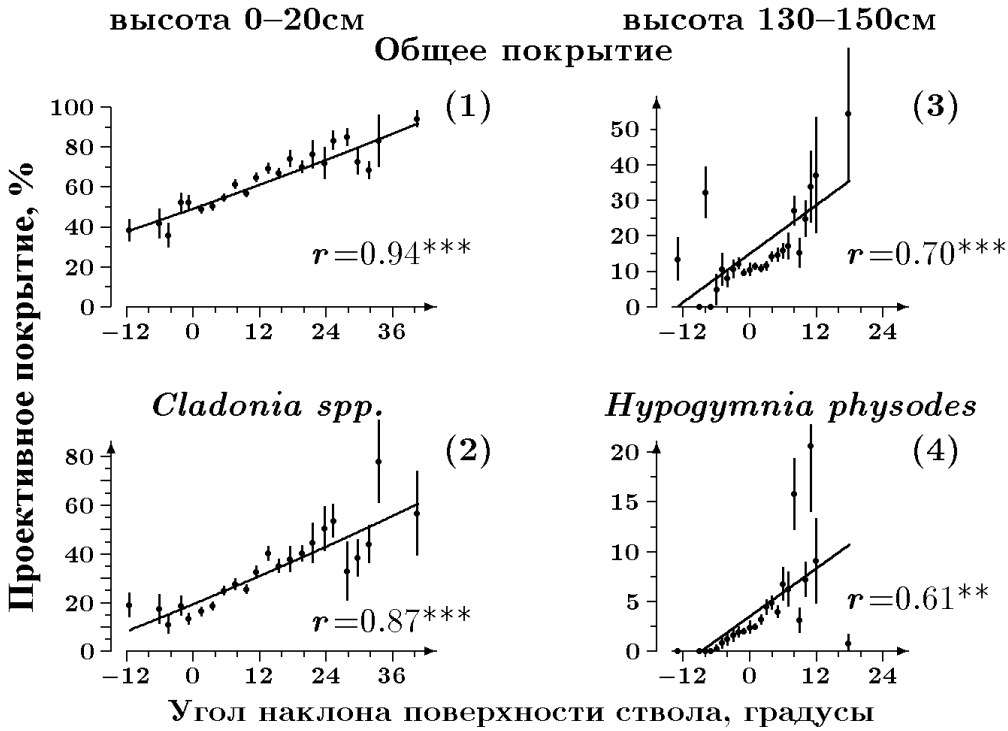


Рисунок 1. Общее проективное покрытие лишайников и проективные покрытия отдельных видов на стволах ели европейской на высоте 0–20 см (1–2) и на высоте 130–150 см (3–4) от земли с различной величиной угла наклона поверхности ствола в еловых лесах южной Карелии.

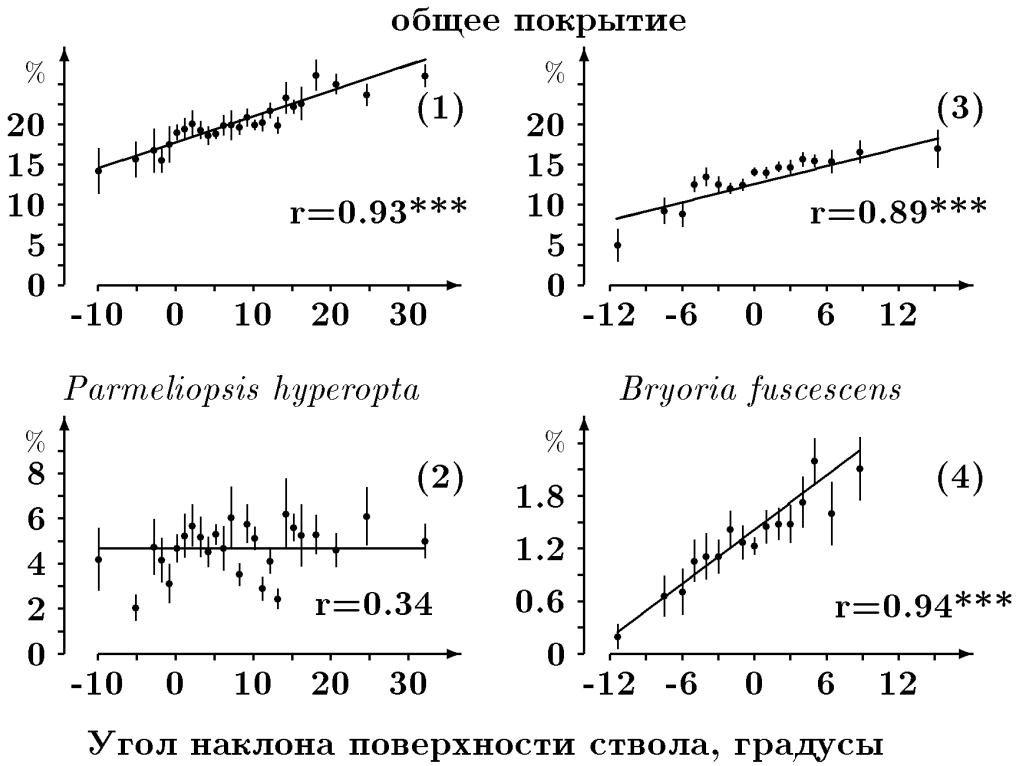


Рисунок 2. Общее покрытие и покрытия отдельных видов лишайников на стволах сосны обыкновенной у основания ствола (1–2) и на высоте 130–150 см от земли (3–4) с различной величиной угла наклона поверхности ствола в сосновых лесах южной Карелии.

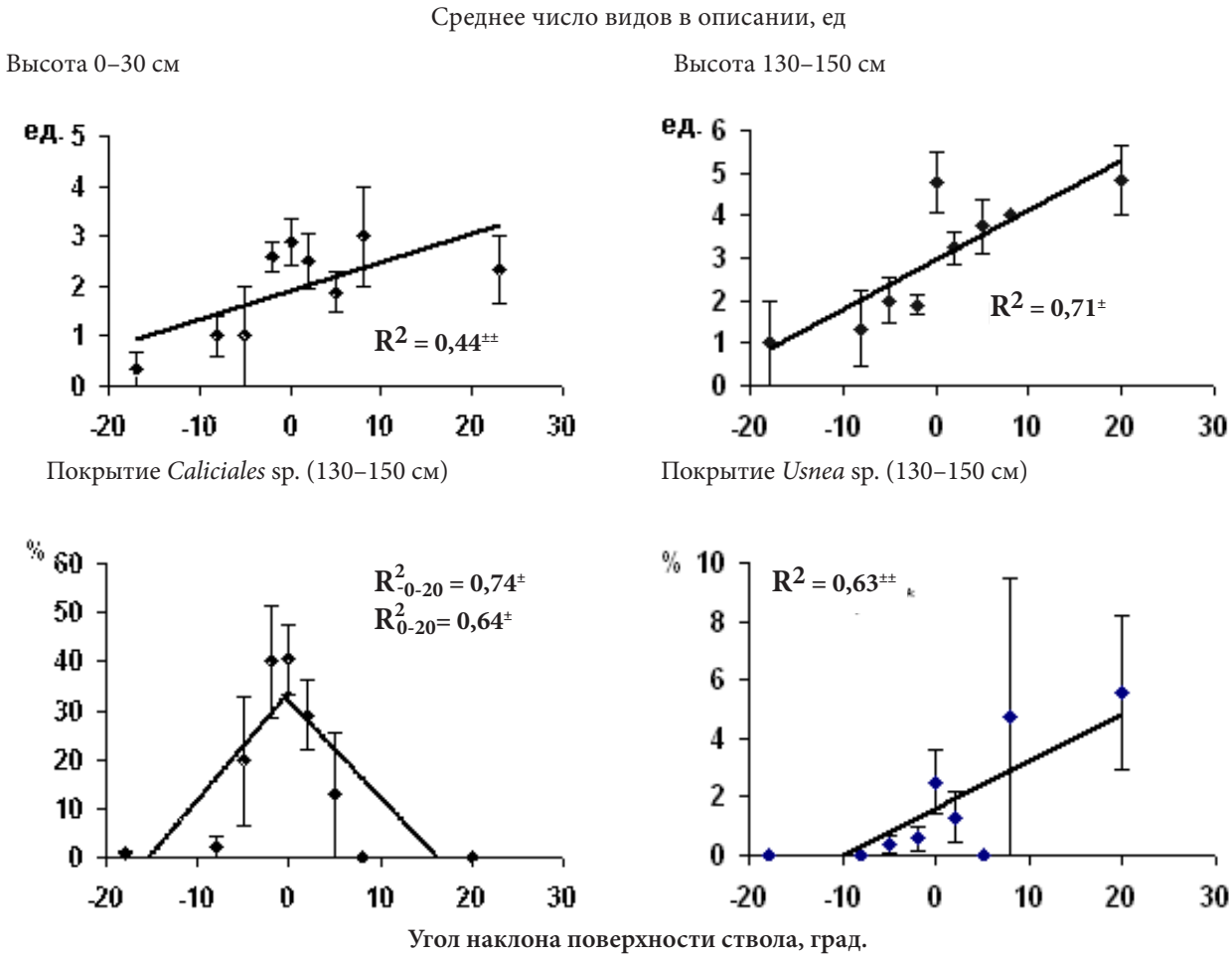


Рис. 3. Среднее число видов и покрытия видов *Calicium sp*., *Usnea sp.* на обветренной древесине сухостойных деревьев сосны в зависимости от угла наклона поверхности ствола в сосняках кустарничковых сфагновых южной Карелии.

Сосна. С увеличением угла наклона поверхности ствола в положительную сторону наблюдается увеличение общего проективного покрытия и среднего количества видов, как у основания ствола, так и на высоте 130–150 см от земли. Общее покрытие при этом увеличивается с 15 до 25% у основания ствола и с 5% до 15% – на высоте 130–150 см от земли. Покрытия большинства видов по градиенту этой характеристики также увеличиваются. Это относится к *Hypogymnia physodes, Parmeliopsis ambigua*, *Imshaugia aleurites, Bryoria spp., B. fuscescens* – на высоте 130–150 см от земли, *Hypocenomyce scalaris, Cladonia deformis* – у основания ствола (рис. 2).

Сухостой сосны. С увеличением угла наклона значимо возрастают среднее число видов в описании и проективные покрытия большинства видов лишайников на двух исследованных высотах. Исключение составляют виды порядка *Caliciales*, максимальное общее покрытие которых наблюдается на вертикальных поверхностях и слабо отрицательно наклоненных.

Это объясняется тем, что на резко отрицательных поверхностях накипные калициальные лишайники не поселяются в силу неблагоприятных абиотических условий, а на положительно наклонных они вытесняются более конкурентоспособными видами (рис. 3).

Таким образом, угол наклона поверхности ствола оказывает существенное влияние на развитие лишайникового покрова, его основные характеристики и структуру. Положительно наклоненные поверхности стволов получают в 2–3 раза больше осадков, чем отрицательно наклоненные (Горшков, 1986). При этом часть осадков поступает как прямо из атмосферы, так и путем стекания их по стволу. Скорость, степень и глубина увлажнения поверхности ствола, во многом определяются углом наклона. Кроме того, на положительно наклоненных поверхностях лучше закрепляются диаспоры лишайников, они лучше освещены.

Поэтому здесь отмечаются высокое биоразнообразие лишайников и максимальные значения общего проективного покрытия. На высоте 130–150 см от земли, в условиях более сухих, чем у основания ствола, зависимость характеристик эпифитного лишайникового покрова от угла наклона выражена наиболее сильно. На этой высоте покрытия почти всех доминантных видов, слагающих эпифитный покров, увеличиваются с ростом этой характеристики. У основания ствола формируются наиболее благоприятные условия увлажнения не только вследствие большего угла наклона ствола, но также более высокого уровня относительной влажности воздуха. В этой части ство-

ла наблюдается различная реакция видов на увеличение угла наклона, поскольку формирование покрова определяется здесь, главным образом, конкурентыми взаимоотношениями видов. Уменьшение покрытия накипных видов у основания ствола с увеличением угла наклона поверхности обусловлено возрастающей конкуренцией со стороны видов рода *Cladonia*, которые в благоприятных условиях увлажнения активно вытесняют остальные виды лишайников. Следует отметить, что для сосен характерно более вертикальное расположение стволов в пространстве и меньшая сбежистость по сравнению с елью. Кроме того, изменение основных характеристик эпифитного лишайникового покрова на стволах ели более значительны в исследуемом диапазоне углов, чем на стволах сосен, где условия местообитания более выровнены. Однако выявленные закономерности, полученные для различных пород деревьев, а также для сухостоя, лишенного корки, принципиально схожи между собой. Это свидетельствует об универсальности такой характеристики, как угол наклона поверхности субстрата, как ведущего параметра местообитания лишайников. Его влияние можно обнаружить на различных породах деревьев, как живых, так и мертвых, имеющих разные свойства поверхностных тканей, и, соответственно, лишайниковый покров различного состава и строения. Влияние угла наклона стволов деревьев на формирование лишайникового покрова необходимо учитывать при проведении мониторинга состояния окружающей среды и индикации техногенного загрязнения с использованием лишайников.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России (проект № 6.724.2014/к).

Список литературы

1. Hilitzer A. Etude sur la vegetation epiphyte de la boheme. Spisy vydavane Prirodovedeckou Fac. sc. Univ. Charles. Prague. 1925. Cislo 41: 1-202
2. Barkman JJ. Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. Assen, Netherlands van Gorcum Co NY. 1958: 628 p.
3. Hale ME. The Biology of Lichens. London: Edward Arnold Ltd., 1967: 167 p.
4. Fremstad E. Epifyttflora og vegetasjon pa alm (Ulmus glabra) i Orkladalen, Sor-Trondelag. Norsk Botanisk Forenings Tidsskrift. 1977. B.35. H.2: 39-49
5. Горшков В.В. Эпифитные лихеносинузии сосновых лесов Кольского полуострова (Формирование, экология, влияние антропогенных факторов): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 1986: 21 с.

УЧАСТИЕ ЛИШАЙНИКОВ В ФОРМИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ КОРОК

Бязров Л.Г.
Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва

Лишайники количественно доминируют в сообществах, занимающих около 8% поверхности суши. Адаптация значительного числа видов к длительной засухе позволяет им обитать в холодных и жарких пустынях, полуаридных экосистемах как, например, различные варианты равнинных и горных степей. В сообществах, где представлены лишайник, они формируют лихеносинузии, под которыми я понимаю объединение конкретных пространственно обособленных в пределах участков одного типа сообщества лишайниковых группировок, развивающихся в однородных условиях среды и сходных по видовому составу и жизненным формам (Бязров, 1990).

В то же время многие виды напочвенных лишайников, наряду с водорослями, цианобактериями, почвенными грибами, мохообразными, считаются важными компонентами биологических почвенных корок (БПК), формирующихся в результате взаимодействия перечисленных и других представителей биоты с частицами грунта в самом верхнем, несколько мм толщиной, слое почвы, в частности, за счет выделения цианобактериями, водорослями и гифами грибов экзополисахаридов, склеивающих мельчайшие частицы почвы (Belnap, Lange, 2003). Участвуют в этом агрегировании почвы и лишайники, мохообразные своими органами прикрепления к субстрату. Подчёркивается, что БПК вместе формируют представители многих таксономических групп биоты, как видимых невооружённым глазом, так и микроскопических, автотрофных и гетеротрфных (Belnap, Lange, 2003). Такое понимание БПК близко к моим представлениям о лихеносинузиях как биогеоценотических синузиях ранга эндостратосинузии (Бязров, 1970). Это подразумевает, что в состав группировок, выделяемых по особенностям ассоциирования видов и жизненных форм лишайников, входят и беспозвоночные животные, и микроорганизмы, и субстрат, и воздух.

БПК чаще встречаются в регионах, для которых характерны экстремальные температуры и высокая инсоляция, а также, по меньшей мере, периодическое отсутствие воды. Их наличие отмечено и в регионах с умеренным климатом (Belnap, Lange, 2003). Анализ источников свидетельствует, что БПК, состоящие из цианобактерий, водорослей, лишайников, мхов, печеночников, или сочетаний представителей этих таксонов, встречаются практически во всех биомов Земли в экосистемах, где существенно снижена конкуренция со стороны сосудистых растений. На бедных песчаных почвах, как правило, чаще развиваются цианобактериальные корки, а доля лишайников возрастает

на субстратах с карбонатами, глинистыми частицами. Если почва засолена, основной составной частью БПК становятся нитевидные цианобактерии из рода *Microcoleus*. Зелёные водоросли и представители других групп водорослей чаще формируют БПК на почвах в мезоклиматических условиях, где их обычно рассматривают как фазу сукцессии. В общей сложности в составе БПК Земли выявлены представители 35 родов цианобактерий, 68 - эукариотных водоросле, 13 – цианолишайников (*Collema, Gloeoheppia*, *Gonohymenia, Heppia*, *Leciophysma, Leptogium*, *Lichinella, Peccania, Peltigera, Peltula, Pseudopeltula, Psorotichia, Synalissa),* 68 – хлоролишайников (*Acarospora, Arthrorhaphis, Aspicilia, Bacidia, Baeomyces, Buellia, Caloplaca, Candelariella, Catapyrenium, Catolechia, Cetraria, Cladia, Cladonia, Coelocaulon,Dacampia, Dactylina, Dermatocarpon, Desmazieria, Dibaeis, Diploschistes, Endocarpon, Eremastrella, Fulgensia, Fuscopannaria, Gyalecta, Gypsoplaca, Heterodea, Heteroplacidium, Involucropyrenium, Lecanora, Lecidea, Lecidella, Lecidoma, Lepraria, Leprocaulon, Leproloma Leptochidium, Massalongia, Megaspora, Multiclavula, Mycobilimbia, Neofuscelia, Ochrolechia, Pannaria, Paraporpidia, Parmelia, Pertusaria, Phaeophyscia, Phaeorrhiza, Physconia, Placynthiella, Polyblastia, Protoblastenia, Psora, Psoroma, Rinodina, Siphula, Solorina, Squamarina, Stereocaulon, Teloschistes, Texosporium, Toninia, Trapelia, Trapeliopsis, Xanthoparmela, Xanthoria)*, 62 - мхов и печеночников.

Наиболее распространенными лишайниками БПК в аридных местообитаниях Земли являются членами так называемого «сообщества пёстрых напочвенных лишайников» (Bunte Erdflechtengesellschaft) как *Fulgensia fulgens, Psora decipiens, Squamarina spp., Toninia spp., Catapyrenium spp., Diploschistes spp., Endocarpon spp., Collema spp*. Эти виды в разных сочетаниях представлены в сходных местообитаниях суши как в степных формациях Европы и Азии, так и в пустынях и полупустынях Северной Америки, Африки, Австралии.

Результаты моих исследований лишайниковых синузий как структурных частей степных биогеоценозов Хангайского нагорья (Монголия) свидетельствуют, что сформировавшиеся здесь с участием лишайников БПК представляют собой мозаику не связанных друг с другом микроучастков разной структуры, на что указывает наличие практически в каждом типе степного биогеоценоза комплекса напочвенных лихеносинузий. Степень мозаичности зависит как от распределения фанерогамных растений, так и особенностей почвы. Наиболее мозаична структура БПК на участках со скелетными щебнистыми почвами, где число напочвенных лихеносинузий достигает 16 как, например, на участках богато разнотравно-осоково-ленскотипчаковой с обилием тимьяна гобийского степи. При общей встречаемости лишайников 87% чаще других находится (32%) одновидовая *Xanthoparmelia camtschadalis*. Нередко встречается (18%) и лихеносинузия *Xanthoparmelia camtschadalis – Cladonia pyxidata*, в состав которой входит 5 видов. Встречаемость остальных группировок 0,5–6%, а *X. camtschadalis* участвует в формировании 10 синузий. Всего же здесь на почве выявлено 14 видов: *Xanthoparmelia camtschadalis, Toninia tristis* ssp. *asiaecentralis, Cladonia fimbriata, C. furcata, C. pocillum, C. pyxidata, Cladonia sp., Stereocaulon glareosum, Catapyrenium squamulosum, Peltigera lepidophora, P. rufescens* var. *incusa, P. didactyla, Heppia lutosa, Collema minor.*

В степях Ханагя на почве среди дернин ковылей, типчака, осок, тимьяна и других сосудистых растений практически постоянно можно встретить не прикрепленные к субстрату и в сухом состоянии готовые к перемещению ветром слоевища *X. camtschadalis.* Уместно отметить, что кочующие лишайники присущи БПК не только степей Хангая, но представлены в БПК и других регионов. Так, тот же вид *X. camtschadalis,* наряду с другими кочующими видами рода как *X. chlorochroa, X. lipochlorochroa, X. neochlorochroa, X. vagans,* формирует БПК в сообществах прерий Северной Америки. В аридных районах Австралии такую роль играет кочующий листоватый лишайник *X. semiviridis*, а в пустыне Намиб кочующий листоватый вид *Xanthomaculina convoluta*.

Представители других жизненных форм лишайников, участвующие в формировании БПК степей Хангая, на уровне родов и видов характерны также и для БПК других аридных территорий суши. Высокая степень таксономического сходства лишайников БПК степей Хангая и лишайников БПК других регионов Земли свидетельствует, с одной стороны, о широкой экологической амплитуде представителей таксонов лишайников, формирующих БПК, с другой – об их специализации к обитанию на поверхности почвы.

Роль БПК в биогеоценозах как структурная, так и функциональная. Прежде всего, БПК занимают пространство сообщества, не занятое фанерогамными растениями, тем самым усложняют его структуру и повышают эффективность использования биотой солнечной энергии, других ресурсов. Образованный БПК покров предохраняет почву от ветровой и водной эрозии, влияет на гидротермический режим сообщества. Представители биоты, формирующие БПК, продуцируют массу, поступающую в биогеоценоз. Её объём зависят от степени развития организмов в конкретных местообитаниях. Так, в различных травяных биогеоценозах Хангая запасы сухой массы *X. camtschadalis* варьировали от 22 до 1010 кг (Бязров, 1986).

Часть первичной продукции отмирает и разлагается, обогащая почву органическими и минеральными веществами, включаемыми в круговорот сообщества. Цианобактерии и цианолишайники как *Collema, Heppia, Peltigera* и другие виды способны фиксировать азот атмосферы, соединения которого, в конечном счёте, попадают в почву. Продуценты БПК дают прибежище и корм ряду групп гетеротрофов.

Выделенные лихеносинузии на почве в известном приближении можно рассматривать и как стадии развития лишайниковых группировок, и как свидетельство возраста сообщества. Проблема эта сложная и требует отдельного анализа. Отмечу лишь, что имеющиеся материалы не дают оснований говорить о

развитии как прямолинейном процессе от простого к сложному, от группировок накипных лишайников к группировкам листоватых и далее кустистых лишайников.

Видимо, наряду с усложнением состава идёт и его упрощение. Широкое развитие кочующего вида *X. camtschadalis* – показатель продолжительного развития данного ландшафта как степного с разреженным покровом и эту лихеносинузию можно считать климаксовой. О сухости, открытости и разреженности местообитаний свидетельствует и присутствие здесь представителей *Collema minor, T. tristis* ssp. asiaecentralis. Довольно значительное число видов *Cladonia* в одном из сообществ и сравнительно частая встречаемость там их представителей показывают, что здесь нередки местообитания, пригодные для мезофитов.

Заканчивая, хочу отметить, что выявление состава напочвенных лихеносинузий, понимаемых как структурные части биогеоценозов, даёт ценную информацию для анализа особенностей формирования и структуры БПК в этих биогеоценозах.

Список литературы

1. Бязров Л.Г. Лишайниковые синузии и структура биогеоценоза. Журн. общ. биол. 1990; 51(5): 632-41.
2. Belnap J, Lange OL (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Berlin: Springer-Verlag, 2003: 503 p.
3. Бязров Л.Г. Эпифитные лишайниковые синузии в лесных биогеоценозах подзоны широколиственно-еловых лесов. Автореф. ... дисс. канд. биол. н.: БИН АН СССР. Л. 1970: 26 с.
4. Бязров Л.Г. О номенклатуре пармелии кочующей и запасах этого лишайника в Хангае. Природные условия и биологические ресурсы МНР. М.: Наука. 1986: 67-8.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ТЕРРИТОРИЙ ДВУХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ МОСКВЫ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЕВИЩАХ ЛИШАЙНИКА *XANTHORIA PARIETINA*

Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А.
Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва

Лишайники в силу их биологических особенностей нередко используют как суррогатные рецепторы региональных атмосферных выпадений радиоактивных и других минеральных и органических загрязнителей (Бязров, 2002). Такие исследования в своих выводах опираются на сведения о содержании элементов и веществ в слоевищах (талломах) лишайников, динамике величин концентрации элементов в слоевищах отдельных видов во времени и/или пространстве. Условно их можно разделить на два основных направления: (1) устанавливающие базовый уровень или «точку отсчета» концентрации избранных элементов или соединений в талломах ограниченного числа видов лишайников для определения долговременного варьирования содержания этих веществ на исследуемой территории, что предполагает повторное измерение элементов или соединений в слоевищах тех же видов лишайников через некоторый промежуток времени; при этом изменчивость концентраций измеренных веществ в пространстве обычно составляет сопутствующую проблему таких исследований; (2) устанавливающие особенности только пространственной вариабельности содержания элементов в слоевищах ограниченного числа видов лишайников; при этом изменчивость химического состава лишайников во времени может быть сопутствующей проблемой таких исследований. Понятно, что доступные результаты исследований второго направления становятся «точкой отсчета» для установления изменений концентраций элементов или соединений от источников загрязнения во времени при последующих измерениях этих показателей в пробах с тех же мест. Целью проведенного авторами исследования было выявление возможных различий концентраций элементов в талломах лишайника с территорий муниципальных районов Москвы, расположенных в разных частях города, различающихся как временем освоения, так и особенностями застройки; с другой, полученные данные устанавливают базовые уровни или «точки отсчета» концентраций элементов в талломах эпифитного лишайника из разных территорий города для долговременного мониторинга этих показателей в местах отбора проб лишайника.

Материал (по 10 слоевищ эпифитного лишайника *Xanthoria parietina)* был собран в сентябре и ноябре 2012 г. на территориях муниципальных районов Аэропорт (Северный округ) и Тёплый стан (Юго-западный округ). Первый расположен к СВ от Ленинградского проспекта между улицами Новая Башиловка на юге и Балтийская -на севере; второй – между Профсоюзной улицей на востоке, Ленинским проспектом на западе, МКАД – на юге и улицей Тёплый стан – на севере. Эти районы отличаются как по площади (453 и 841 га, соответственно), так и по характеру и степени застройки, наличия озеленённых участков (Экологический атлас Москвы, 2000). Пробы лишайника отбирали с лиственных деревьев в скверах, дворах на удалении 200 м от основных транспортных магистралей.

Качественный и количественный элементный состав в подготовленных особым образом (Бязров, Пельгунова, 2012) лишайниковых препаратах определяли

Таблица. Средняя концентрация (М, мг/кг), стандартная ошибка (±м), минимальная (Мин.), максимальная (Макс.) концентрации, коэффициент вариации (КВ) величин концентрации, фактор обогащения ($ФО_{Ti}$) элементов в слоевищах лишайника *Xanthoria parietina* из муниципальных районов Аэропорт и Тёплый стан г. Москвы.

Элемент	Муниципальный район					
	Аэропорт, САО			Тёплый стан, ЮЗАО		
	М±м	Мин.– Макс.	КВ;$ФО_{Ti}$	М±м	Мин.– Макс.	КВ; $ФО_{Ti}$
P	30,3±3,8	14,9 – 47,1	40; 5	31,4±6,5	12,8 – 76,6	66; 4
S	889±123,	486,0 – 1451,	44; 32	542,0±108,0	182, 0 – 1431,	63; 16
Cl	407,0±90,6	117,0 – 1061,	70; 61	329,0±66,9	156,0 – 799,0	64; 39
K	4337,0±379,0	2939,0 – 6895,	28; 20	4794,±996,0	1935,0– 10094,0	66; 18
Ca	2631,0±192,	1876,0 – 3998,	23; 15	5334,0±882,	2476,0 – 11060	52; 25
Ti	39,9±3,9	28,6 – 64,4	31;	49,3±4,6	32,4 – 69,2	30;
Mn	155,0±15,0	101,0 – 263,	31; 20	190,0±14,4	104,0 – 286,0	24; 20
Fe	4835,0±764,	2783,0 – 10616,	50; 13	7858,0±2369,0	2808,0 – 27857,0	95; 17
Cu	29,4±2,4	16,7 – 42,0	25; 105	29,1±1,4	21,5 – 31,2	16; 59
Zn	209,4±15,5	133,0 – 264,0	23; 525	350,0±35,8	212,0 – 528,	32; 711
As	0,3±0,1	0,01 – 0,6	63; 4	0,3±0,2	0,1 – 0,8	118; 4
Rb	0,2±0,04	0,1 – 0,4	50; 0,2	0,2±0,02	0,1 – 0,3	35; 0,1
Sr	19,8±0,8	16,7 – 25,5	21; 11	14,0±0,8	11,0 – 19,1	18; 6
Ba	0,3±0,03	0,2 – 0,4	29; 0,1	0,3±0,02	0,2 – 0,4	24; 0,1
Pb	2,4±0,9	0,8 – 9,9	120; 22	0,6±0,2	0,1 – 1,6	87; 5

методом рентгенофлуоресцентного анализа (TXRF) в Лаборатории экологического мониторинга в регионах АЭС и биоиндикации ИПЭЭ РАН. Измерение элементного состава и концентрации элементов проводили на спектрометрической установке S2 PICOFOX (производитель BRUKER, Германия). Различия между сравниваемыми величинами концентрации оценивали значением критерия Стьюдена t для $p \leq 0{,}05$.

Для определения вклада различных источников в формирование элементного состава лишайников был рассчитан фактор обогащения элементов ($ФО_{Ti}$) относительно среднего состава элемента (Эл) в верхней части континентальной земной коры:

$$ФО_{Ti} = (Эл/Ti)проба / (Эл/Ti)земная\ кора$$

Поскольку в регионе преобладают глинистые и суглинистые почвы, $ФО_{Ti}$ был нормализован относительно доли титана (Ti) в глинах (Григорьев, 2003).

В 20 измеренных пробах лишайников обнаружено присутствие 26 элементов. Помимо 15, включённых в таблицу, выявлено наличие ещё таких элементов как V, Cr, Co, Ni, Ag, Cd, Sn, Sb, W, Hg, Bi, величина концентрации которых выражается третьей значимой цифрой после запятой, поэтому их статистически не сравнивали. Из 26 элементов к классу опасности 1 принадлежат Co, Cr, Hg, Pb. Элементы As, Cl, Cu, Mn, Ni, V, Zn относятся к классу опасности 2, а соединения Fe, Sb – к классу опасности 3. Состав элементов практически одинаков в пробах из сравниваемых районов, исключая Bi, встреченный только в слоевищах из района Аэропорт. По величинам средних концентраций порядок расположения основных элементов для слоевищ из района Аэропорт следующий:

Fe>K>Ca>S>Cl>Zn>Mn>Ti>P>Cu>Sr>Pb>As,Ba >Rb; из Тёплого стана – Fe>Ca>K>S>Zn>Cl>Mn>Ti >P>Cu>Sr>Pb>As,Ba>Rb. Различия в расположении элементов малы – лишь K и Ca, Cl и Zn в последнем случае изменили свое нахождение. Уместно отметить, что первые три элемента играют существенную роль в формировании земной коры, поэтому вклад естественных источников в величину их концентрации в лишайниках существенен. Об этом свидетельствую и относительно низкие значения $ФО_{Ti}$ у них. Однако величина $ФО_{Ti}$ более 15 показывает вклад антропогенных источников в аккумулирование элементов слоевищами лишайника. По этому показателю выделяются Zn, Cu, Cl в обоих районах, S и Pb в районе Аэропорт (таблица). Значительные величины $ФО_{Ti}$ элементов дают основание предполагать, что в слоевище такие элементы оказались не только из местных сухих осаждений в виде пыли, но и вследствие регионального и локального переноса продуктов деятельности человека, в частности, выбросов двигателей автотранспорта, горения топлива, утилизации бытовых отходов и другого, попадающих на лишайники с жидкими и сухими осадками.

Варьирование величин концентрации высокое (значения коэффициента вариации от 21 до 120, в среднем 55% для района Аэропорт и от 16 до 118, в среднем 43% – для района Тёплый стан). Статистически значимы между районами различия средних кон-

центраций S, Ca, Mn, Zn, Sr, Pb. И если S, Sr и Pb больше в слоевищах из района Аэропорт, то концентрации других трёх элементов выше в слоевищах из района Тёплый стан (табл.). В последнем заметно выше концентрации K, Ti и Fe, хотя эти различия не достоверны для принятого уровня значимости.

Результаты измерений концентрации элементов в слоевищах *Xanthoria parietina* и их сравнение с опубликованными аналогичными данными о концентрации элементов в слоевищах этого вида в других регионах Европы и Азии свидетельствуют, что обе обследованных территории загрязнены. Особенно это относится к соединениям железа, меди и цинка. В то же время содержание Pb в слоевищах из обследованных нами районов относительно небольшое, что, с одной стороны, указывает на хорошее качество используемого бензина, с другой – среди транспортных средств преобладают легковые автомашины.

Показатели загрязнения выше для района Тёплый стан, хотя степень озеленения здесь выше в сравнении с территорией района Аэропорт. Возможно, это связано с близостью МКАД, где круглосуточно осуществляется очень интенсивное движение автотранспорта различной мощности, а также положением этой территории между Ленинским проспектом и Профсоюзной улицей. Соответственно, по связывающим эти крупнейшие магистрали города улицам осуществляется интенсивное движение как автобусов, так и автомобилей различного назначения. В районе Аэропорт основной магистралью является только Ленинградский проспект, граница района. И вне проспекта всего лишь несколько автобусных маршрутов с редкими интервалами движения.

Мы полагаем, что результаты проведенного исследования, устанавливающие базовый уровень концентрации избранных элементов в слоевищах широко распространенного эпифитного лишайника *X. parietina* будут полезны как для оценки современного состояния среды в районах г. Москвы, так и станут «точкой отсчета» для последующего мониторинга состояния окружающей среды в обследованных районах, а также будут стимулировать специалистов к проведению подобных исследований в городе.

Работа выполнена по плану научных исследований Лаборатории экологического мониторинга в регионах АЭС и биоиндикации учреждения Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

Список литературы

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: «Научный мир». 2002: 336 с.
2. Экологический атлас Москвы. М.: АБФ/ABF. 2000: 96 с.
3. Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. Пространственно-временные тренды величин концентрации некоторых элементов в слоевищах эпифитных лишайников из Подмосковья и ряда районов Москвы. Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2012; 117(1): 59-69.
4. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры. Геохимия. 2003; 7: 785-92.

ОБ АККУМУЛИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ВЕГЕТАТИВНОГО ТЕЛА И ПЛОДОВЫХ ОРГАНОВ (АПОТЕЦИЕВ) ЛИХЕНИЗИРОВАННОГО ГРИБА *XANTHORIA PARIETINA*

Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А.
Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва

Особенности биологии и физиологии лишайников как пойкилогидридных организмов, не имеющих приспособлений, препятствующих проникновению в их тела различных загрязнителей, медленный и длительный рост талломов, невыразительность реакций на сезонные явления, географически обширные ареалы многих видов позволяют успешно использовать их как биомониторов загрязнения среды различными её загрязнителями по результатам измерения содержания последних в слоевищах. (Бязров, 2002).

Число публикаций с данными о концентрации органических и минеральных веществ в телах лишайников велико, однако информация о распределении элементов непосредственно на поверхности слоевищ лишайников практически отсутствует, хотя именно она является акцептором жидких и сухих осадков, компоненты которых далее попадают внутрь тела лишайника. Появление приборов, позволяющих проводить измерение состава химических элементов, не разрушая образцы, даёт возможность определить соотношение состава ряда элементов на поверхности слоевища лишайника. Кроме того, сохранение целостности измеряемого образца позволяет использовать для целей мониторинга материал из научных коллекций, поскольку образцы при измерении не повреждаются.

Было показано (Bontempi et al., 2008), что результаты не разрушающего образец измерения состава элементов в слоевищах лишайников адекватны результатам, полученным на приборах, для измерения на которых необходимо разрушение образца измельчением, прессованием, растворением. Ранее нами (Бязров, Пельгунова, 2013) были изучены особенности соотношения ряда химических элементов в периферийной (более молодой) и центральной (старшей) частях поверхности слоевища листоватого лишайни-

Таблица. Соотношение масс атомов элементов (%) на поверхности вегетативного тела и апотециев лихенизированного гриба *Xanthoria parietina*

Элемент	*Xanthoria parietina*					
	Слоевище (16)			Апотеции (12)		
	M±*m*	Мин.– Макс.	КВ, %	*M*±*m*	Мин.– Макс.	КВ, %
Al	1,96±0,27	0,58 – 4,69	56	3,75±0,32	1,49 – 5,29	30
Si	6,80±1,08	1,92 – 12,94	64	9,31±0,88	5,32 – 16,49	33
P	1,99±0,24	0,55 - 3,64	49	2,60±0,24	1,31 – 4,30	32
S	9,30±0,88	2,23 – 16,20	37	4,47±0,71	0,67 – 7,62	55
Cl	3,36±0,36	0,77 – 6,44	43		н/д	
K	30,44 ±1,87	16,21 – 42,71	25	32,99±1,72	22,56- 39,39	18
Ca	18,28 ±1,73	8,22 – 30,92	38	13,02±0,49	8,96- 14,67	13
Ti	1,08±0,19	0,00– 2,25	69	1,04±0,17	0,36 – 2,17	58
Cr	0,18±0,02	0,03 – 0,34	56	0,15±0,02	0,04 – 0,25	47
Mn	1,58 ±0,14	0,62 – 3,18	17	1,09 ±0,08	0,72 – 1,72	24
Fe	18,74 ±3,17	2,96 – 39,88	68	23,13±1,24	17,11- 31,77	19
Co	0,37±0,04	0,13 – 0,68	46	0,35±0,04	0,10 – 0,53	37
Ni	0,22±0,03	0,07 – 0,45	50	0,22±0,04	0,04 – 0,52	68
Cu	0,59±0,04	0,37 – 1,04	29	0,56±0,05	0,31 – 0,88	30
Zn	1,46±0,11	0,85- 2,43	31	1,78±0,14	1,08 – 2,75	28
As	0,47±0,08	0,00 – 1,02	66		н/д	
Sr	1,37±0,14	0,55 – 2,93	42	1,24±0,19	0,55 – 3,07	54
Ba	0,51±0,10	0,00 – 1,36	80	0,49±0,13	0,00 – 1,56	94
Hg		н/д		2,39±0,38	1,10 – 5,55	51
Pb	1,30±0,23	0,00 – 3,76	72	1,58±0,20	0,41 – 2,37	44

Примечание: (*M*±*m* – средняя доля, Мин. – Макс. – минимальная – максимальная величины, КВ – коэффициент вариации измеренных значений).

ка *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., поскольку эти части поверхности таллома испытывали воздействие факторов внешней среды разный период времени. Целью данного исследования было определение возможных качественных и количественных различий соотношения элементов на поверхностях вегетативного тела и плодовых органов (апотециев) того же образца *X. parietina*, поскольку между этими частями таллома имеются довольно значительные морфологические различия, которые, возможно, могли сказаться на аккумулировании веществ на них.

Объект измерения был собран в сентябре 2013 г. в Москве со ствола рябины в сквере у станции метро «Каширская», чётная сторона проспекта Андропова. Размеры изученного слоевища *X. parietina* 45×50 мм. Это космополитный вид, жёлто-оранжевое листоватое рассечено-лопастное складчато-морщинистое слоевище плотно прикреплёно ризоидами к субстрату. Плодовые тела (апотеции) представляют собой округлые дисковидные образования диаметром 3–4 мм с валиком по краю диска около 0,5 мм высоты, что придаёт апотецию форму блюдечка. Перед измерением состава элементов с его поверхности мягкой кисточкой и феном удаляли песок, пыль и другие твёрдые частицы, осевшие на поверхность лишайника. Затем измеряемый образец трижды обмывали деионизированной водой. Высохший образец вместе с субстратом закреплялся на предметном столике в вакуумной камере (2 мбар) микро-рентгенофлуоресцентного спектрометра μ-XRF M4 Tornado M4 (Bruker AXS, Германия).

Анализ элементов на этом приборе основан на взаимодействии элементов, содержащихся в образце, с высокоэнергетическим рентгеновским излучением, которое приводит к испусканию образцом вторичного рентгеновского излучения (рентгеновская флуоресценция). Источник рентгеновского излучения (Rh) работал при 50 кВ, 200 мкА. Этот прибор позволяет проводить неразрушающий анализ образца, поскольку пучок рентгеновского излучения направляется в намеченную точку поверхности, и состав элементов определяется для пятна размером 20 мкм.

Всего на поверхности вегетативной части слоевища состав и соотношение элементов были измерены в 16 точках; аналогичные измерения были проведены на поверхности дисков 12 апотециев. Компьютер по специальной программе выдавал результат измерения в выбранной точке как среднее значение для 100 импульсов в виде спектра обнаруженных элементов,

который трансформировался в таблицу соотношений (%) масс атомов элементов в измеряемой точке. Предел измерения – 0,01%.

Статистическую обработку полученных м величин доли масс элементов для определения средних значений, ошибки среднего, минимальных и максимальных величин, коэффициентов вариации (КВ, %), различий между объектами (критерий Стьюдена t для $p \leq 0,05$) проводили с использованием Microsoft Excel 2003.

Состав измеренных на поверхностях вегетативной части и плодовых органах *X. parietina* элементов близок (табл.). На первой ниже предела измерения только концентрация Hg, а на дисках апотециев – Cl и As. Помимо отличий по названным трём элементам, между сравниваемыми частями лишайника статистически достоверны различия величин долей атомов Al, Si, P, S, Ca, Mn, Zn, причём значения для S, Ca, Mn выше на поверхности вегетативной части, а Al, Si, P, Zn – на поверхности апотециев. На последних заметно выше, но не достоверно для принятого уровня значимости, доля атомов K, Fe и Pb.

Размах величин коэффициентов вариации значений долей атомов на поверхности вегетативной части 17–80%, а на поверхности плодовых тел – 13–94%. Однако в первом случае величины коэффициента вариации <30% всего у трёх элементов, а во втором – у семи, то есть условиях для аккумулирования элементов на поверхности более сходные у плодовых тел. Последовательность расположения элементов по мере уменьшения средних величин доли атомов для поверхности вегетативной части следующая: K>Fe>Ca>S>Si>Cl>P>Al>Mn>Zn>Sr>Pb>Ti>Cu>Ba>As>Co>Ni>Cr; для плодовых органов – K>Fe>Ca>Si>S>Al>P>Hg>Zn>Pb>Sr>Mn>Ti>Cu>Ba>>Co>Ni>Cr. Различия между этими двумя последовательностями наблюдаются в средних их частях. Обращает на себя внимание относительно высокая доля ртути на поверхности плодовых тел.

Результаты исследования свидетельствую, что на поверхности слоевища лишайника попадающие на него вещества распределены неравномерно. Помимо установленных ранее различий по этому показателю между центральными и периферийными частями таллома, на распределении атомов элементов влияет и морфология поверхности тела лишайника. В нашем случае вегетативная часть представляет собой волнистую складчато-морщинистую поверхность с неглубокими впадинами и возвышениями, тогда как диск апотециев – гладкий с невысоким слоевищным валиком по его краю.

Соответственно, распределение величин долей атомов элементов на поверхности плодовых тел более равномерное в сравнении с аналогичным показателем для вегетативной части слоевища. Также у большего числа элементов доля атомов выше на поверхности апотециев. Возможно, это обстоятельство, наряду с возрастом, объясняет выявленные факты более значительных концентраций элементов в центральных частях слоевищ, поскольку здесь в основном и сосредоточены апотеции. Это подтверждает, что не разрушающая образец микрорентгеновская флуоресцентная спектроскопия позволяет получать количественные и качественные сведения о составе элементов и их распределении на поверхности слоевища лишайника

Результаты исследования, с одной стороны, указывают на справедливость высказанных ранее рекомендаций (Бязров, 2002; Бязров, Пельгунова, 2013), что при использовании лишайников в сравнительных исследованиях как акцепторов элементов и соединений для измерения необходимо отбирать слоевища одного возраста, поскольку наблюдаются количественные различия между элементами периферийных (молодых) и центральных (старших) частей слоевищ листоватых лишайников, с другой, позволяют дополнить их предложением обращать внимание и на морфологическое сходство отбираемых для этих целей талломов.

Список литературы

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: «Научный мир». 2002: 336 с.
2. Bontempi E, Bertuzzi R, Ferretti E et all. Micro X-ray fluorescence as a potential technique to monitor in-situ air pollution. Microchim Acta. 2008; 161: 301-5.
3. Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. Оценка соотношения некоторых элементов и их распределения на поверхности слоевища лихенизированного гриба *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. не разрушающим образец микрорентгенофлуоресцентным спектрометром(μ-РФС) M4 Tornado. Принципы экол. 2013; 2(3): 37-52.

ЛИХЕНОБИОТА ВИЛЮЙСКИХ ТУКУЛАНОВ (ЯКУТИЯ)

Галанина И.А.

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток

Работа посвящена изучению лихенобиоты одного из районов распространения эоловых песков (массивные песчаные дюны) в среднем течении р. Вилюй – Кысыл-Сырский тукулан. Тукуланы – это массивы эоловых песков в пределах Центрально-Якутской равнины. Районы распространения тукуланов относятся к самым засушливым в Якутии с суммой годовых осадков 180–250 мм и с большим испарением [1]. Первые сведения о них в долине Вилюя приводятся в работе [2].

Самый крупный из тукуланов в бассейне реки Вилюй проходит широкой полосой (30–40 км) вдоль реки Линдэ (Катасонова, Толстов, 1963). В Якутии тукуланы занимают площадь около 18380 кв. км [4].

Полевые исследования проводились в июне 2012 г. Гербарний лишайников был собран А.В. Галаниным. Согласно предыдущим исследованиям, флора лишайников эоловых образований (тукуланов) насчитывала 22 вида [5-7].

В результате нашего исследования было определено более 200 образцов собранных с ветвей и коры деревьев, с почвы и песчаных дюн, всего выявлено 44 вида. Из них 8 являются новыми для Якутии, и 30 видов новых для сообществ эоловых образований (тукуланов). Таким образом, общий список для сообществ эоловых образований в Якутии составляет 56 таксонов. В списке новые для Якутии виды подчеркнуты, звездочкой выделены виды новые для сообществ эоловых образований в долине р. Вилюй. Образцы хранятся в гербарии Биолого-почвенного института ДВО РАН.

Выявлено три вида лишайника (два накипной жизненной формы и один кустистый), поселяющиеся непосредственно на песках дюн, скрепляя отдельные их участки при формировании своих слоевищ: *Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant., *Trapeliopsis granulosa* (Hoffm.) Lumsch, *Cladonia sp.* 1 на песчаных дюнах ясно образует участки песка, покрытые первичным слоевищем с зачатками подециев. Слоевище гладкое блестящее, лопастинки желтоватого и коричневого цветов, без вегетативных пропагул.

На основе типизации местообитаний (классов ассоциаций растительности) выделены следующие категории, которые использованы при характеристике мест обитания собранных образцов лишайников. В списке видов эти категории местообитаний выделены жирными арабскими цифрами:

1. Еловый лес на внешней части пойменной террасы реки Вилюй.
2. Еловый лес на внутренней части террасы реки Вилюй.
3. Ивово-ольховый пойменный лес.
4. Заросли ольхи пушистой в нижней части уступа цокольной террасы р. Вилюй.
5. Сосновый бруснично-толокнянковый лишайниковый лес.
6. Древесные куртины в междюнных понижениях.
7. Поверхность подвижных песков.
8. На размываемой песчаной почве на полянах в пойменном еловом лесу.

Список видов лишайников:

Biatora pallens* (Kullh.) Printzen **1;**Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo & D. Hawksw. **2;** *Brioria simplicior* (Vain.) Brodo & D. Hawksw. **5;** **Candelariella lutella* (Vain.) Räsänen.

1, 2; **Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. **1;** **Cetraria odontella* (Ach.) Ach. **8;** *Cetraria sepincola* (Ehrh.) Ach. **1, 2, 5;** *Cladonia amaurocraea* (Flörke.) Schaer.

3, 4, 8; *Cladonia arbuscula subsp. mitis* (Sandst.) Ruoss **1;** *Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer. **8;** *Cladonia cornuta* (L.) Hoffm. **8;***Cladonia gracilis* (L.) Willd. **1, 2;** *Cladonia portentosa* (Dufour) Coem. **4;** *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. **1, 2, 5;** **Cladonia subulata* (L.) F. H. Wigg. **2;** *Cladonia sp.*1 **7;** **Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant. **7;** **Evernia esorediosa* (Müll. Arg.) Du Rietz **1;** **Evernia mesomorpha* Nyl. **1, 2, 3, 7;** **Evernia sp*. **1;** *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. **1, 3, 6;** **Lecania cyrtellina* (Nyl.) Sandst. **6;** **Lecanora symmicta* (Ach.) Ach. s. lat. **1;** **Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy **1, 2, 5, 6;** **Melanohalea exasperata* (De Not.) O. Blanco & al.

2; **Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco & al. **5, 6;** **Melanohalea infumata* (Nyl.) O. Blanco & al. **1;** **Melanohalea septentrionalis* (Lynge) O. Blanco & al. **2, 4, 6;** **Parmelia sulcata* Taylor **1, 3, 5, 6;** *Parmeliopsis hyperopta* (Ach.) Arnold. **1, 5;** **Peltigera elisabethae* Gyeln. **1;** **Peltigera sp*. **5;** **Physcia alnophila* (Vain.) Loht. **2;** **Physcia leptalea* (Ach.) DC.

6; **Physcia stellaris* (L.) Nyl. **6;** **Physcia vittii* Nádv. **6;** **Ramalina dilacerata* (Hoffm.) Hoffm.

6; **Rinodina metabolisa* Vain. **6;** **Rinodina sibirica* H. Magn. **2, 5, 6;** **Stereocaulon rivulorum* H. Magn. **6;** **Tetramelas cf. insignis* (Nägeli ex Hepp) Kalb. **2, 5;** **Trapeliopsis granulosa* (Hoffm.) Lumsch **7;** **Usnea lapponica var. sibirica* Räs. **5, 2, 4;** *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai **1, 5.**

Список литературы

1. Штейнбренер А.Ф. Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск. 1981: 41-8.
2. Маак Р.К. Вилюйский округ Якутского края. СПб. 1886.
3. Катасонова Е.Г., Толстов А.Н. Геокриологические особенности развеваемых песков (тукуланов) правобережья р. Вилюй. Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963: 166-78.
4. Павлов П.Д. Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии. Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск. Изд. Инта мерзлотоведения СО АН СССР. 1981: 18-30.
5. Растительность незакрепленных песков (тукуланов). Растительность бассейна реки Вилюя. М.;Л.: Изд-во АН СССР. 1962: 111-6.
6. Скрябин С.З., Павлов П.Д., Скрябина Е.А. Тукуланы – своеобразный ландшафт Центральной Якутии. Охрана природы Якутии. Мат. V Респ. совещ. по охране прир. Якутии. Иркутск. 1971: 37-9.
7. Порядина Л.Н. Лишайники эоловых образований Центральной Якутии. В сб. мат. IX Межд. НПК «Наука и современность–2011». 11 марта 2011. Новосибирск, 2011: 27-30.

О ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА ЯРГУ «УЛЕЙМА» (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Кондакова Г.В.

Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова, Ярославль

Биологический стационар «Улейма» факультета биологии и экологии Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова (ЯрГУ) расположен на западе Ярославской области (ЯО), в месте впадения реки Улеймы в реку Юхоть (приток р. Волги). Особенности зонального положения (подзона южной тайги вблизи границы с полосой хвойно-широколиственных лесов), рельефа, почв обусловливают разнообразие растительности и богатство флоры, разнообразие типов фитоценозов, отличающихся экологическими условиями. Наибольшую площадь занимает лесная растительность, представленная всеми классами лесов с доминированием сообществ зеленомошной, черничной и травяной серий. Ельники и сосняки формируются на возвышенных элементах рельефа с песчаными почвами в виде небольших участков и занимают около 15 % лесопокрытой площади. На склонах с южной экспозицией формируются фрагменты ельников с примесью *Tilia cordata* Mill. во втором ярусе и единичными экземплярами *Quercus robur* L. в подросте.

Преобладают производные (вторичные) леса, представленные березняками, осинниками, сероольшаниками. Отмечаются также вторичные сосняки на сфагновых болотах и сосновые лесонасаждения в виде сухих лишайниковых боров [1, 2]. Часть окрестной территории биостанции входит в состав зоологического Верхне-Волжского государственного природного заказника и памятника природы "Стрелка впадения р. Улеймы в р. Юхоть".

На территории биостанции и в ее окрестностях (радиус 10 км) произрастает 658 видов сосудистых растений, что составляет 63% от видового состава флоры ЯО [1]. К настоящему времени уже проведена оценка флористического разнообразия редких «краснокнижных» видов сосудистых растений данной территории, выявлено, что на территории биостанции и в ее окрестностях произрастают 82 вида растений, включенных в Красную книгу ЯО [3]. Эти данные в настоящее время активно дополняются исследованиями разнообразия лихенобиоты как неотъемлемого компонента растительного покрова данной территории.

Первые целенаправленные лихенологические исследования территории биостанции были начаты в 2010 – 2012 гг. доцентом кафедры ботаники ЯрГУ Г.В. Кондаковой и студенткой Ю.Т. Грачевой. Определение собранных образцов проводилось в лаборатории ботаники и микробиологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова Г.В. Кондаковой, часть из них была определена в лаборатории флоры и растительности Полярно-альпийского ботанического сада-института Кольского НЦ РАН (г. Кировск) А.В. Мелехиным и в лаборатории экологии широколиственных лесов Института лесоведения РАН (г. Москва) Е.Э. Мучник. Большинство определений были проверены в гербариях KPABG (г. Кировск) и Ботанического института им. В.Л. Комарова (БИН) РАН (г. Санкт-Петербург). Образцы пополнили гербарий ЯрГУ (YAR), дублеты 25-ти видов были переданы в гербарий KPABG. В результате этой работы было выявлено 85 видов, 1 подвид лишайников из 35 родов, принадлежащих 16 семействам. Среди обнаруженных видов 8 оказались новыми для ЯО. Это *Arthonia patellulata* Nyl., *A. punctiformis* Ach., *Catillaria nigroclavata* (Nyl.) Schuler, *Cladonia mitis* Sandst., *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Cromb., *L. leptyrodes* (Nyl.) Degel., *Peltigera extenuata* (Nyl. ex Vain.) Lojka и *Usnea filipendula* Stirt. [4, 5]. Дальнейшее изучение образцов, проведенное Д.Е. Гимельбрантом и Ю.Т. Грачевой в 2013 г. на базе кафедры ботаники Санкт-Петербургского государственного университета и Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН) позволило выявить еще 3 новых для ЯО вида: *Lecanora hypoptella* (Nyl.) Grummann, *Leucocarpia dictyospora* (Orange) R. Sant. и *Naetrocymbe rhyponta* (Ach.) R.C. Harris [6].

В 2013 – 2014 гг. к исследованиям подключились студентки А.С. Вятер и Н.Е. Герасимова, проводившие сбор образцов в окрестностях биостанции. Помощь в определении накипных и стерильных форм оказала Е.Э. Мучник. Список новых для ЯО видов пополнили еще 7 видов: *Arthonia exilis* (Flörke) Anzi, *Biatora ocelliformis* (Nyl.) Arnold, *Buellia erubescens* Arnold, *B. griseovirens* (Turner et Borrer ex Sm.) Almb., *Fuscidea arboricola* Coppins et Tønsberg, *Lecanora intumescens* (Rebent.) Rabenh., *Porina aenea* (Wallr.) Zahlbr. [7].

Таким образом, на сегодняшний день на территории биостанции и ее окрестностей выявлены 121 вид, 1 подвид лишайников из 44 родов, принадлежащих 27 семействам. Ведущими являются 7 семейств – это *Cladoniaceae* (25 видов, 20, 29% от общего числа видов), *Parmeliaceae* (24 вида, 19, 67%), *Lecanoraceae* (14 видов, 11, 48%), *Physciaceae* (8 видов, 6, 56%), а также *Peltigeraceae, Ramalinaceae* и *Arthoniaceae* (по 6 видов, по 4, 92%). В составе этих семейств насчитывается 89 видов, почти 73 % от общего их числа. Остальные семейства представлены 1 – 4 видами.

Среди обнаруженных видов немало редких как для ЯО, так и для Центральной России (ЦР). В числе редких для ЯО, в первую очередь, следует назвать 7 видов, которые рекомендованы в настоящее время для включения в готовящееся новое издание Красной книги ЯО. Это *Bryoria nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw., *Bryoria simplicior* (Vain.) Brodo & D. Hawksw., *Cladonia turgida* Hoffm., *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg, *Peltigera extenuata* (Nyl. ex Vain.) Lojka, *P. polydactylon* (Neck.) Hoffm., *Usnea glabrescens* (Nyl. ex Vain.) Vain.

Образец *C. turgida*, собранный Г.В. Кондаковой в 1997 г. на почве в сосняке березовом и хранящийся в гербарии ЯрГУ (YAR), является единственной современной для области находкой, ранее этот вид считал-

ся, по-видимому, исчезнувшим. Образец *U. glabrescens* был собран Ю.А. Пальгуновой в 2010 г. в ельнике в окрестностях биостанции и хранится в гербарии Ярославского государственного педагогического университета (ЯГПУ) [8].

Кроме вышеназванных, на обследованной территории обнаружены также редкие для ЯО виды рода *Cladonia*, образующие совместно с мхами напочвенный ярус в зеленомошных и березовых сосняках. Это *C. crispata* (Ach.) Flot., *C. furcata* (Huds.) Schrad., *C. gracilis* (L.) Willd., *C. pyxidata* (L.) Hoffm. *C. squamosa* Hoffm., *C. subulata* (L.) Weber ex F.H. Wigg., *C. verticillata* (Hoffm.) Schaer. Также впервые обнаружен новый для ЯО подвид *Cladonia gracilis subsp. turbinata* (Ach.) Ahti.

Среди видов, редких для ЦР, на территории биостанции и ее окрестностей обнаружены *Arthonia exilis* (Flörke) Anzi, *Buellia erubescens* Arnold, *Catillaria nigroclavata* (Nyl.) Schuler, *Lecanora intumescens* (Rebent.) Rabenh., *Naetrocymbe rhyponta* (Ach.) R. C. Harris, *Porina aenea* (Wallr.) Zahlbr. Последние 2 вида являются чрезвычайно редкими для ЦР.

Таким образом, на небольшой по площади обследованной территории биостанции и ее окрестностей на сегодняшний день выявлено около 50% видов, известных в целом для ЯО. Видовое разнообразие связано с разнообразием доступных для обитания лишайников субстратов, а также широкой вариабельностью микро- и мезоклимтических условий на обследованной территории.

Присутствие редких для подзоны южной тайги лесных ценотических комплексов способствует тому, что бореальные черты лихенобиоты территории биостанции и ее окрестностей дополняются неморальными элементами. Наличие редких не только для ЯО, но и для ЦР видов лишайников подчеркивает своеобразие данной территории, уникальность которой уже была отмечена в отношении других представителей флоры и фауны [2, 9].

Список литературы

1. Борисова М.А., Богачев В.В. Геоботаника. Ярославль: ЯрГУ, 2009: 160 с.
2. Борисова М.А., Богачев В.В., Маракаев О.А. Биологическая станция «Улейма» Ярославского гос. университета им. П.Г. Демидова как уникальная флористико-ценотическая территория. Изучение и охрана флоры Средней России. Матер. VII научного совещания по флоре Средней России. М.: Изд-во Бот. сада МГУ. 2011: 35-8.
3. Красная книга Ярославской области. отв. Ред. Л.В. Воронин. Ярославль: Изд-во Александра Рутмана, 2004: 384 с.
4. Кондакова Г.В. Видовое разнообразие лишайников биостанции «Улейма» и ее окрестностей. Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов: материалы Всероссийской научно-практической конф. с международным участием. Отв. ред. В. П. Семерной. Яросл. гос. ун-т. Ярославль. 2012: 168-77.
5. Кондакова Г.В., Грачева Ю.Т. Лишайники территории биологического стационара «Улейма» Ярославского госуниверситета им. П. Г. Демидова и проблема их сохранения. Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения. Мат. Межд. научной конф., посвящ. 95-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета, г. Тверь, 21–24 нояб. 2012 г. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2012: 270-72.
6. Гимельбрант Д.Е., Кондакова Г.В., Грачева Ю.Т. 2013. Дополнения к лихенофлоре Ярославской области. Вестник ТвГУ. Сер. Биол. и экол. 2013; 30(7): 107-11.
7. Мучник Е.Э., Кондакова Г.В., Вятер А.С., Герасимова Н.Е. О новых видах лишайников Ярославской области. Вест. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2014; 2: 124-9.
8. Мучник Е.Э., Лазарева О.Л., Кондакова Г.В., Гошин М.Е. Новые и редкие виды лишайников Ярославской области. Вест. ТвГУ. Сер. Биология и экология. №22. Тверь: Изд-во ТвГУ, 2011: 118-24.
9. Власов Д.В. Редкие жесткокрылые окрестностей биостанции ЯрГУ и предложения по их охране. Проблемы формирования региональных систем особо охраняемых природных территорий. Ярославль. 2001: 134-9.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЛИШАЙНИКАМИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВОВАНИЯ

Лянгузова И.В., Катаева М.Н., Беляева А.И.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

На территории Кольского полуострова растительные сообщества испытывают воздействие двойного стресса: с одной стороны, суровые климатические условия Крайнего Севера, с другой – аэротехногенное загрязнение окружающей среды. Расположенный в центральной части полуострова комбинат «Североникель» (г. Мончегорск) в настоящее время выбрасывает в атмосферу свыше 30000 т диоксида серы и 3000 т твердых веществ, содержащих, в основном, соединения Ni, Cu, Co. Под воздействием аэротехногенного загрязнения вблизи комбината сформировалась техногенная пустошь (3–5 км от комбината), где полностью разрушены лесные экосистемы и наблюдается эрозия почвы: смыты подстилка и частично подзолистый горизонт. На территории импактной зоны (10–15 км от комбината) древесный ярус разрушен,

в напочвенном покрове лишайники отсутствуют, сохранился лишь травяно-кустарничковый ярус, который находится в угнетенном состоянии. В пределах буферной зоны (30–40 км от комбината) древесный ярус находится в удовлетворительном состоянии, травяно-кустарничковый ярус практически не нарушен, мохово-лишайниковый ярус существенно угнетен. В фоновых районах (60–80 км от комбината) состояние всех компонентов лесных экосистем соответствует их сукцессионному статусу при давности последнего пожара 90 лет.

Цель работы – сравнительный анализ накопления Ni и Cu живыми частями талломов лишайников в условиях аэротехногенного и почвенного загрязнения Al-Fe-гумусового подзола.

Исследования проводили в 2008 и 2011 гг. в средневозрастных сосновых лесах лишайникового типа на территории фоновых районов (60–80 км от комбината «Североникель») и буферной зоны (27–30 км от комбината), а также на экспериментальном участке сосняка лишайникового, расположенного в фоновом районе, почва которого в 1992–1997 гг. была искусственно загрязнена полиметаллической пылью, отобранной с электрофильтров комбината.

Для характеристики уровня загрязнения тяжелыми металлами местообитаний лишайников были отобраны образцы органогенного горизонта (лесная подстилка) Al-Fe-гумусового подзола и корки сосны *Pinus sylvestris* L. В пунктах исследования были отобраны образцы живых частей напочвенных лишайников *Cladina stellaris* (Opiz.) Brodo, *Cladina rangiferina* (L.) Nyl., *Cladina mitis* (Sandst.) Hustich и *Cladonia uncialis* (L.) Weber ex F.H. Wigg., а также талломы эпифитного лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии было определено содержание кислоторастворимых форм Ni и Cu (вытяжка 1,0 н. HCl) в образцах лесной подстилки, а в образцах лишайников и корки сосны после сухого озоления при температуре 450 °C и растворения золы в HCl было определено валовое содержание Ni и Cu.

Как видно из данных табл. 1 и 2, наименьшие уровни накопления Ni и Cu слоевищами напочвенных и эпифитного (*Hypogymnia physodes*) лишайников наблюдаются в фоновом районе, расположенном в 80 км от комбината «Североникель» в западно-юго-западном направлении. В то же время в фоновом районе, расположенном в юго-юго-западном направлении на расстоянии 60 км от комбината, где отсутствуют визуальные признаки повреждения растений, отмечаются достоверно более высокие значения содержания тяжелых металлов как в слоевищах лишайников, так

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов (мг/кг абсолютно сухого вещества) в лишайниках и субстратах в фоновом районе и буферной зоне (данные 2008 г.)

Вид лишайника, субстрат	Фоновый район		Буферная зона					
	Расстояние (км), направление от комбината							
	60, ЮЮЗ		30, ЮЮЗ		27, ССВ		28, СЗ	
	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu
Cladina stellaris	5,1±0,1	6,6±0,2	33,5±6,7	39±6	24,0±0,4	14,5±0,5	3,7±1,7	6,8±2,4
Cladina rangiferina	8,4±0,9	4,5±0,4	46,4±5,2	39±4	25,4±0,4	19,4±0,4	н.д.	н.д.
Лесная подстилка	9,6±1,4	16,5±2,0	120±5	310±10	120±20	140±25	60±10	55±9
Hypogymnia physodes	25±4	12±0,9	110±10	150±9	н.д.	н.д.	14,2±5,5	23,5±6,8
Корка сосен	9,0±0,8	6,7±0,6	73±6	93±20	н.д.	н.д.	13,6±5,9	20,4±6,1

Примечание: В табл. 1 и 2 приведены среднее значение и стандартная ошибка.

и в субстратах (лесная подстилка, корка сосны), что свидетельствует о дальнем переносе загрязняющих веществ, выбрасываемых комбинатом в атмосферу.

На территории буферной зоны сравнительный анализ содержания Ni и Cu в напочвенных и эпифитном лишайниках, а также субстратах показал, что во всех исследуемых объектах, расположенных в юго-юго-западном направлении от комбината «Североникель», наблюдаются максимальные концентрации тяжелых металлов (табл. 1), что обусловлено преобладанием юго-западных ветров, переносящих загрязняющие вещества. Минимальные значения содержания тяжелых металлов как в слоевищах лишайников, так и в субстратах в пределах буферной зоны отмечаются в северо-западном направлении от комбината, хотя сравниваемые местообитания находятся примерно на одном и том же расстоянии от него, что, вероятно, связано с орографией местности. На расстоянии 30 км от комбината в юго-юго-западном направлении содержание Ni и Cu в талломах *H. physodes* и *Cl. stellaris* в 5,7–9,1 раз больше по сравнению с их концентрациями в слоевищах обоих видов в северо-западном направлении от комбината, а в субстратах (корка сосны, лесная подстилка) это превышение составляет 2,0–5,6 раз соответственно.

Сопоставление уровня накопления тяжелых металлов напочвенными лишайниками с содержанием их кислоторастворимых форм в подстилке показало, что в пределах буферной зоны содержание в подстилке Ni в 2,6–16,2, а Cu – в 7,2–10 раз больше, чем их концен-

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов (мг/кг АСВ) в лишайниках и субстратах в полевом эксперименте и буферной зоне (данные 2011 г.)

Вид лишайника, субстрат	Фоновый район				Буферная зона	
	Контрольный участок		Экспериментальный участок			
	Расстояние (км), направление от комбината					
	80, ЗЮЗ		80, ЗЮЗ		30–35, ЮЮЗ	
	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu
Cladina stellaris	2,0±0,2	2,1±0,02	2,5±0,1	2,7±0,1	47,6±1,5	35,4±0,5
Cladina rangiferina	1,8±0,1	1,0±0,02	2,1±0,1	1,9±0,1	49,6±2,3	10,0±2,0
Cladina mitis	2,7±0,1	1,6±0,04	3,6±0,2	2,0±0,1	34,8±4,0	24,1±0,4
Cladonia uncialis	1,4±0,3	1,7±0,1	2,3±0,1	1,8±0,1	44,4±1,0	30,6±1,8
Лесная подстилка	6,7±0,1	9,5±0,1	140±14	280±20	180±30	275±35
Hypogymnia physodes	4,0±0,3	9,0±0,3	н.д.	н.д.	125±35	80±8
Корка сосен	1,6±0,04	5,8±0,3	н.д.	н.д.	75±9	70±6

трации в талломах лишайников, что свидетельствует о неполном перехвате частиц полиметаллической пыли из загрязненного воздуха напочвенным покровом. В то же время в местообитаниях, расположенных как к северо-западу, так и к юго-юго-западу от комбината, концентрации тяжелых металлов в эпифитном лишайнике (*H. physodes*) и субстрате (корка сосны) сопоставимы между собой, что свидетельствует о пассивном их накоплении талломами из осадков и со стоком по стволу дерева.

Таким образом, в условиях аэротехногенного загрязнения различия как в уровне накопления тяжелых металлов талломами лишайников, так и в их содержании в субстратах связаны, с одной стороны, с розой ветров в Мончегорском районе, с другой – с орографией местности, а также с видовой принадлежностью и жизненной формой лишайника.

На контрольном участке суммарное содержание кислоторастворимых форм Ni и Cu в органогенном горизонте почвы не превышает 20 мг/кг (табл. 2), что находится в пределах региональных фоновых значений. В пределах экспериментального участка среднее содержание тех же соединений тяжелых металлов в лесной подстилке соответственно в 21 и 29 раз превышает их концентрации в контроле.

Следует подчеркнуть, что концентрации тяжелых металлов в подстилке на экспериментальном участке и в пределах буферной зоны сопоставимы между собой, однако уровни накопления Ni и Cu напочвенными лишайниками принципиально различаются (табл. 2).

На контрольном участке интервал варьирования содержания Ni и Cu в живых частях талломов 4-х видов напочвенных лишайников достаточно узок – от 0,9 до 2,8 мг/кг АСВ, и средние концентрации тяжелых металлов находятся в пределах региональных фоновых значений (табл. 2).

На экспериментальном участке среднее содержание обоих металлов практически во всех видах лишайников достоверно выше по отношению к их фоновым концентрациям. Наибольшее содержание Ni отмечено в талломах *Cladina mitis*, в то время как аналогичный показатель для Cu наблюдается у *Cl. stellaris*. Наименьшим уровнем накопления тяжелых металлов на экспериментальном участке характеризуется вид *Cladonia uncialis*. В целом даже максимальные значения концентраций металлов в среднем не более чем в 2,5 раза превышают их фоновое содержание во всех исследуемых видах лишайников.

Для напочвенных лишайников поступление ионов Ni и Cu в живую часть талломов не связано с их содержанием в загрязненной полиметаллической пылью лесной подстилке, о чем свидетельствует отсутствие корреляции между этими показателями. Повышенное содержание тяжелых металлов в слоевищах лишайников, по-видимому, обусловлено загрязнением почвенными частицами при их ветровом переносе.

В условиях аэротехногенного загрязнения на территории буферной зоны среднее содержание Ni и Cu во всех исследуемых видах напочвенных лишайников составляет 44 и 25 мг/кг АСВ, что соответственно в 22 и 15,6 раз больше по сравнению с их средним фоновым содержанием. Кроме того, отмечаются различия в содержании Ni и Cu в талломах напочвенных лишайников, связанные, по-видимому, с их видовой принадлежностью: наибольшее содержание Ni наблюдается в слоевищах *Cladina stellaris* и *Cl. rangiferina*, при этом последний вид накапливает наименьшее количество Cu (табл. 2).

В этих же условиях содержание Ni более чем в 30 раз, а Cu – почти в 9 раз в эпифитном лишайнике *Hypogymnia physodes* больше по сравнению с их фоновыми концентрациями, при этом содержание тяжелых металлов в лишайнике и субстрате сопоставимы.

Таким образом, сопоставление уровней накопления тяжелых металлов талломами напочвенных лишайников в условиях почвенного и аэротехногенного загрязнения показывает, что даже максимальные концентрации Ni и Cu, накапливаемые лишайниками в первом случае, составляют лишь 10–15% от их содержания в слоевищах лишайников из буферной зоны.

К ИЗУЧЕНИЮ ЛИХЕНОБИОТЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ПРОНЯ (РЯЗАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

[1]Мучник Е.Э., Конорева Л.А.[2,3], Казакова М.В.[4], Волоснова Л.Ф.[5]

[1]Институт лесоведения РАН, Успенское Московской обл.

[2]Полярно-альпийский Ботанический Сад-Институт, Апатиты

[3]Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

[4]Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина

[5]Окский государственный природный биосферный заповедник, Брыкин Бор Рязанской обл.

Река Проня – правый приток Оки, общей протяженностью 336 км и площадью бассейна 10,2 тыс. км^2, исток находится на северо-восточных склонах Среднерусской возвышенности у деревни Костино (Рязанская область) (Географический…, 1989). От истока р. Проня делает крутую петлю, ее верхнее течение проходит по Среднерусской возвышенности в границах Рязанской и Тульской областей, а среднее и нижнее – по Окско-Донской равнине в границах Рязанской области, пересекая несколько административных районов (Михайловский, Пронский, Кораблинский, Спасский).

Берега в среднем и нижнем течении более пологие, чем в верхнем, однако в пределах Михайловского района, особенно, на излучинах, встречаются склоны с крутизной до 45°, с выходами известняков среднего отдела каменноугольной системы и остатками дубрав, выходящих на водораздел (Природно-заповедный…, 2004). Эти склоны интересны обилием редких растений, занесенных в Красные книги различного уровня, а также специфичным видовым составом лихенобиоты.

Сборы материалов проводились маршрутным методом в разные годы и в различных пунктах долины р. Проня. Первые сборы были сделаны Л.Ф. Волосновой в августе 2009 г. на склонах левого берега в 3 км западнее г. Михайлова и в мае 2010 г. на правобережье в окрестностях дер. Толмачевка. В мае 2011 г. в рамках совместной экспедиции Е.Э. Мучник, Л.А. Конорева и М.В. Казакова обследовали участок левобережья: Памятник природы «Завидовский долинный комплекс», склоны в 0,5 км западнее границы этой охраняемой территории и дубраву в окрестностях пос. Красная Звезда. В мае 2013 г. Л.Ф. Волоснова собрала еще несколько образцов лишайников на правобережье в окрестностях дер. Серебрянь.

Камеральная обработка материалов проводилась с помощью общепринятых лихенологических методик Е.Э. Мучник и Л.А. Коноревой в период с 2009 по 2014 гг., все идентифицированные образцы (более 100) переданы в гербарий Рязанского государственного университета (RSU).

Всего выявлены 53 вида и один внутривидовой таксон лишайников, среди которых немало редких и интересных. Ранее упоминались лишь некоторые находки (Мучник, Конорева, 2012; Muchnik, Sliwa, 2013; Muchnik et al., 2014). Номенклатура приводимых ниже видов соответствует, в основном, сводке «Список лихенофлоры России» (2010) учетом некоторых таксономических обработок (Laundon, 2010; Nordin et al., 2010; Krzewicka, 2012).

Отметим, что состав эпифитов, выявленных в разреженных дубравах (с примесью осины, березы, изредка липы и клена) в верхних частях склонов и, частично, на водоразделе, довольно беден и представлен широко распространенными, обычными для области видами: *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr., *Candelariella efflorescens* Harris et Buck., *C. xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Cladonia macilenta* Hoffm., *Lecanora albellula* (Nyl.) Th. Fr., *L. allophana* Nyl., *L. pulicaris* (Pers.) Ach., *Parmelia sulcata* Talyor, *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg, *Ph. orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *Ph. aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr., *Physconia distorta* (With) J. R. Laundon, *Ramalina farinacea* (L.) Ach., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *X. polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber и нек. др.

Наибольший интерес представляет комплекс лишайников на степных склонах с выходами известняков. Наряду с широко распространенными эпилитными *Acarospora moenium* (Vain.) Räsänen, *Caloplaca crenulatella* (Nyl.) H. Olivier, *C. saxicola* (Hoffm.) Nordin, *Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr., *C. vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., *Circinaria contorta* (Hoffm.) A. Nordin et al., *Collema tenax* (Swartz) Ach., *Lecanora saxicola* (Pollich) Ach., L. *semipallida* H.Magn., *Physcia caesia* (Hoffm.) Fürnr., *Ph. tribacia* (Ach.) Nyl., *Placynthium nigrum* (Huds.) Gray, *Verrucaria muralis* Ach., *V. nigrescens* Pers., эпигейными *Peltigera canina* (L.) Willd, *P. rufescens* (Weiss) Humb. и *Placynthiella icmalea* (Ach.) Coppins et P. James, в сборах выявлены виды, находки которых в Рязанской области пока единичны и сделаны только на склонах долины р. Проня: эпилиты *Acarospora macrospora* (Hepp) A. Massal. ex Bagl., *Lecania rabenhorstii* (Hepp.) Arnold, *Rinodina bischoffii* (Hepp) A. Massal., *Verrucaria nigroumbrina* (A. Massal.) Servít; эпигеид на карбонатной почве *Cladonia pocillum* (Ach.) O. J. Rich. и эпибриофит *Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant.

Еще ряд таксонов, обитающих здесь, являются редкими для области и отмечены, в основном, в сходных местообитаниях не более 2–3-х раз: эпилитные *Caloplaca flavovirescens* (Wulfen) Dalla Torre et Sarnth., *C. variabilis* (Pers.) Műll. Arg., *Candelariella vitellina* f. *assericola* Räsänen, *Circinaria calcarea* (L.) A. Nordin et al., *Placopyrenium fuscellum* (Turner) Gueidan et Cl. Roux, *Protoblastenia rupestris* (Scop.) J. Steiner, *Verrucaria fusca* Pers.; эпибриофитные *Bilimbia microcarpa* (Th. Fr.) Th. Fr., и *Mycobilimbia carneoalbida* (Müll. Arg.) Printzen, произрастающий на мелкоземе по валунам *Collema limosum* (Ach.) Ach. и эпигеиды на карбонатной почве *Cladonia magyarica* Vain. и *C. symphycarpa* (Flörke) Fr.

Последний из упомянутых видов внесен в Красную книгу Рязанской области (2011). В долине р. Проня он обнаружен на правобережье в окрестностях населенных пунктов Толмачевка и Серебрянь – последнее

местонахождение ранее для области не было известно. В окрестностях дер. Толмачевка произрастает вкупе с другими, единично встречающимися (*Acarospora macrospora*) или крайне редкими в области (*Caloplaca variabilis* (Pers.) Műll. Arg., *Cladonia magyarica, Collema limosum* и нек. др.) видами. Набор сопутствующих *C. symphycarpa* видов в местообитании близ пос. Серебрянь не менее интересен: единичные находки *Cladonia pocillum*, *Diploschistes muscorum, Verrucaria nigroumbrina,* редкие *Bilimbia microcarpa* и *Mycobilimbia carneoalbida.*

Вероятно, следует рассмотреть возможность организации территориальной охраны на региональном уровне обнаруженного комплекса редких видов. Памятник природы «Завидовский долинный комплекс» охватывает в настоящее время только некоторую часть левобережья долины р. Проня. Расширение его границ или организация нового охраняемого участка (либо двух небольших участков) на правом берегу будет способствовать сохранению видового разнообразия региональной лихенобиоты.

Авторы глубоко признательны коллегам L. Šliwa, K. Wilk и B. Krzewicka (Институт ботаники им. В. Шафера Польской академии наук, г. Краков), J. Vondrák (Институт ботаники Чешской академии наук, г. Прухонице и Университет Южной Богемии, г. Ческе Будеёвицы) за помощь в идентификации некоторых сложных таксонов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Программы Президента РФ для государственной поддержки ведущей научной школы Российской Федерации НШ-1858.2014.4.

Список литературы

1. Географический энциклопедический словарь: Географические названия (2-е изд.). Ред. А.Ф. Трёшников. М.: Сов. энцикл. 1989: 592 с.
2. Природно-заповедный фонд Рязанской области. Сост. М.В. Казакова, Н.А. Соболев. Рязань: «Русское слово». 2004: 420 с.
3. Мучник Е.Э., Конорева Л.А. Дополнения к флоре лишайников Рязанской области. Новости систематики низших растений. СПб.; М.: Товарищество КМК. 2012; 46: 174-89.
4. Muchnik E, Sliwa L. New and noteworthy lichen records from Central European Russia. Herzogia. 2013; 26(1): 117-21.
5. Muchnik E, Wilk K, Vondrák J, Frolov I. Contribution to the knowledge of the genus *Caloplaca* in Central European Russia. Polish Bot J. 2014; 59(2): 263-70.
6. Список лихенофлоры России. Сост. Урбанавичюс Г.П., Отв. ред. Андреев М.П. СПб.: Наука. 2010: 194 с.
7. Laundon JR. *Lecanora antiqua*, a new saxicolous species from Great Britain, and the nomenclature and authorship *of L. albescens, L. conferta* and *L. muralis*. Lichenologist. 2010; 42(6): 631-6.
8. Nordin A, Savić S, Tibell L. Phylogeny and taxonomy of *Aspicilia* and Megasporaceae. Mycologia. 2010; 102(6): 1339-49.
9. Krzewicka B. A revision of *Verrucaria* s.l. (Verru-cariaceae) in Poland. Polish Bot. Stud. 2012; 27: 3-142.
10. Красная книга Рязанской области. Изд. 2-е. Отв. ред. В.П. Иванчев, М.В. Казакова. Рязань: НП «Голос губернии». 2011: 626 с.

ЛИШАЙНИКИ РОДА *ASPICILIA* S.L. С НОРСТИКТОВОЙ КИСЛОТОЙ В РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

Пауков А.Г.
Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Норстиктовая кислота относится к группе депсидонов и является распространенным вторичным метаболитом лишайников. Это вещество легко определяется в талломах благодаря реакции со щелочью, вызывающей красное окрашивание и выпадение характерных красных игольчатых кристаллов, заметных на препаратах. Она часто используется как веществом-свидетель в тонкослойной хроматографии при выявлении вторичных лишайниковых метаболитов.

Определение аспицилий, содержащих норстиктовую кислоту, осложняется тем, что это вещество может находиться в небольших количествах, например у видов, содержащих стиктовую кислоту, но на препаратах хорошо определяется благодаря выпадению кристаллов. Кроме этого, некоторые виды очень сильно варьируют морфологически, что очень затрудняет их идентификацию.

В настоящее время в России и сопредельных странах известно девятнадцать видов из рода Aspicilia sl., содержащих норстиктовую кислоту. Они относятся к роду Aspicilia s. str. и недавно восстановленным родам Circinaria, Sagedia и Lobothallia (Nordin et al., 2010).

Три вида произрастают в горах северных широт и имеют лопастные или радиальные талломы. *Aspicilia fluviatilis* A. Nordin & Owe-Larss., *Aspicilia granulosa* A. Nordin и *Aspicilia subradians* (Nyl.) Hue известны из Сибири и/или Скандинавии (Nordin et al., 2011). Статус *Aspicilia lacteola* Oxn., описанной из Киргизии и встречающейся также в Узбекистане и *Aspicilia fimbriata* (H. Magn.) Oxner, описанной из России и известной также на Аляске и северо-востоке Канады (Thomson, 1997), нуждается в уточнении.

Самым распространенным в широтном и долготном отношении и одновременно самым вариабельным

видом с норстиктовой кислотой является *Aspicilia cinerea* (L.) Körb., являющийся типом рода. Он может иметь очень тонкий или толстый от светло-серого до темно-серого, однородный или слегка лопастной таллом, развитое или незаметное подслоевище. Апотеции могут быть погружены или быть сидячими. Наиболее четкими признаками являются споры, не превышающие 20 мкм и конидии 11–22 мкм, гимений, не превышающий 100 мкм и четковидные парафизы. Возможно, *Aspicilia cinerea* представляет собой отличающуюся морфологически, но пока сложно разделимую генетически группу близких видов или подвидов.

Aspicilia spermatomanes (Nyl.) Maheu et Gillet, вероятно, является синонимом *Aspicilia cinerea*, но отличается толстым талломом с расширяющимися сверху высокими ареолами с бугорчатой поверхностью, обильными пикнидиями и очень редко встречающимися апотециями с неразвитыми спорами. Как типовой образец В. Нюландера (H–Nyl., n. 25467), так и тальломы, обнаруженные на Урале, собраны на граните. *Aspicilia prestensis* Cl. Roux et A. Nordin внешне очень похожа на *Aspicilia cinerea*, но отличается спорами более 20 мкм длиной и парафизами без перетяжек (Roux et al., 2011).

Вид встречается в Европе, но, как и *Aspicilia spermatomanes*, описанная из того же района (Восточные Пиренеи), может быть обнаружен в России. *Aspicilia epiglypta* (Norrl. ex Nyl.) Hue также может быть принята за *Aspicilia cinerea*, но отличается спорами более 20 мкм, гимениальным слоем до 150 мкм и неровным диском апотециев. Вид известен из Финляндии и Швеции и может быть обнаружен на северо-западе России, сообщения о нахождении его на Аляске нуждаются в подтверждении. Еще одним близким видом является *Aspicilia blastidiata*, отличающийся от *Aspicilia cinerea* бластидиозной поверхностью и более короткими пикноконидиями. *Aspicilia blastidiata* известен только на Урале (Свердловская, Челябинская область, Башкортостан) на ультраосновных горных породах.

Видами аридных местообитаний являются *Aspicilia intermutans* (Nyl.) Arnold и *Aspicilia brucei* Owe–Larss. et A. Nordin. Первый широко встречается в Средиземноморье, юге России, Урале, Азии. Второй был известен из пустыни Сонора (США), обнаружен во Франции, возможны его находки и на западе России. *Aspicilia intermutans* внешне похожа на *Aspicilia cinerea*, но отличается крупными спорами 20–33 мкм длиной и короткими пикноконидиями 6–10 мкм. *Aspicilia brucei* имеет мелкие споры 10–13 мкм и сходные по длине конидии 5–11 мкм. *Aspicilia cupreogrisea* (Th. Fr.) Hue отличается от *Aspicilia intermutans* коричневатым блестящим талломом и известна пока только из Скандинавии и Франции.

Очень редким явлением является нахождение норстиктовой кислоты у лишайников из рода *Circinaria*. Это известно у американского вида *Aspicilia californica* Rosentr. и *Circinaria gibbosa* (Ach.) A. Nordin, S. Savić & Tibell. Второй вид отличается выпуклыми до бородавчатых не плотно стоящими ареолами, спорами 20–26 мкм, конидиями 6–8 мкм и содержанием аспицилина и норстиктовой кислоты. Встречается в Швеции и Финляндии и может быть обнаружен в северо-западных районах России.

Род Sagedia морфологически и анатомически трудноотличим от Aspicilia, но хорошо отличается генетически и имеет более короткие пикноконидии по сравнению с большинством видов Aspicilia. Норстиктовая кислота – единственный вторичный метаболит, обнаруженный у представителей этого рода. Виды Sagedia встречаются в северных широтах. *Sagedia mastrucata* (Wahlenb.) A. Nordin, S. Savić & Tibell отличается талломом с многочисленными бугорковидными выростами, которые развиваются в том числе на слоевищном крае. Бугорки иногда распадаются с образованием сорédий. *Sagedia simoënsis* (Räsänen) A. Nordin, S. Savić & Tibell является настоящим сорédиозным видом с желтовато-белыми соралями на темно-сером слоевище, иногда образующем изидии.

Норстиктовую кислоту содержат лишайники из рода Lobothallia – *L. alphoplaca* (Wahlenb.) Hafellner и *L. praeradiosa* (Nyl.) Hafellner, широко распространенные в аридных районах. Еще один вид с этим веществом – *Lobothallia sp.* – отличается крупными талломами с сильно выпуклыми чешуйками и известен из Монголии.

Аспицилии с норстиктовой кислотой – наиболее крупная группа в пределах семейства. Они являются доминантами лишайниковых группировок на кислых, основных и ультраосновных некарбонатных породах от аридных регионов до гор и тундр Евразии. В то время как видовое разнообразие группы в европейской части России относительно известно, видовой состав рода в азиатской части России и на Дальнем Востоке выявлен недостаточно. Здесь могут быть обнаружены виды, описанные В. Нюландером из Японии и Гималаев, М. Анци из Кореи, а также другие виды, что существенно обогатит наши знания о лихенофлоре района.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области (Грант 13-04-96083-а).

Список литературы

1. Nordin A, Savić S, Tibell L. Phylogeny and taxonomy of Aspicilia and Megasporaceae. Mycologia. 2010; 102(6): 1339-49.
2. Nordin A., Owe-Larsson B., Tibell L. Two new Aspicilia species from Fennoscandia and Russia. The Lichenologist. 2011; 43(1): 27-37.
3. Thomson JW. American Arctic Lichens. 2. The Microlichens. Univ. Wisconsin Press, Madison, 1997: 675 p.
4. Roux C, Nordin A, Tibell L, Sohrabi M. Quelques espèces d'Aspicilia peu connues ou nouvelles des Pyrénées-Orientales (France). Bulletin de la Société Linnéenne de Provence. 2011. Num. spéc. 14: 177-227.

ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МУЗЕЕ-ЗАПОВЕДНИКЕ «КОЛОМЕНСКОЕ»

Пчелкин А.В., Пчелкина Т.А.
Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, Москва

Государственный художественный историко-архитектурный и природно-ландшафтный музей-заповедник «Коломенское», входит в Московский государственный объединенный музей-заповедник Коломенское – Лефортово – Люблино – Измайлово. На востоке музей граничит с руслом реки Москвы, на западе – с проспектом Андропова, на юге – с Каширским шоссе, на севере с ул. Новинки. На его территории распложено Дьяково-городище – древнее поселение возраста 2,5 тысяч лет. Большой интерес представляют сохранившийся здесь древний рельеф, геологические и флористические объекты.

Рельеф Коломенского весьма разнообразен: он формируется обрывом Теплостанской возвышенности и многочисленными оврагами, крупнейший из которых – Голосов овраг, верховья которого представляют типичную балку с лесной и луговой растительностью на склонах, выходящую практически вплотную к проспекту Андропова. Низовья Голосова оврага – Коломенский ручей. Разнообразие рельефа музея-усадьбы «Коломенское» определяет и довольно богатое флористическое разнообразие этой местности.

Всего на территории музея-заповедника выявлено около 400 видов травянистых и древесных растений, среди которых 40 являются редкими для Москвы (Ефимов и др., 1999). Лихенобиота музея-усадьбы «Коломенское» ранее специально не изучалась, отдельные сведения о видовом составе можно найти в работах, проводимых либо в контексте мониторинговых (Бязров, 2013; Инсаров и др., 2010) либо общеинвентаризационных исследований (Пчелкин, 1998). Изучение лихенобиоты музея-заповедника «Коломенское» интересно тем, что этот район, с одной стороны, подвергается воздействию выбросов промышленных предприятий, с другой – обладает большим субстратным разнообразием для лихенизированных грибов различных экологических групп, а обширные пространства благоприятствуют рассеиванию поллютантов. На территории Коломенского имеются как малонарушенные древесные насаждения, так и постоянно возобновляемые посадки.

Цель исследования – изучение видового состава лихенобиоты музея-заповедника «Коломенское», выявления и оценка местообитаний лихенизированных грибов, внесенных в Красную Книгу г. Москвы, проведение мероприятий в рамках изучения возможности сохранения и восстановления редких и уязвимых видов лишайников в условиях мегаполиса.

В результате инвентаризации на территории Коломенского отмечены следующие виды лихенизированных грибов: *Amandinea punctata*, *Arthonia atra*, *Arthrosporum populorum, Biatora helvola, Caloplaca cerina, Caloplaca decipiens, Caloplaca holocarpa, Candelariella aurella, Candelariella vitellina, Candelariella xanthostigma, Chaenotheca ferruginea, Cladonia coniocraea, Cladonia fimbriata, Graphis scripta, Hypogymnia physodes, Lecania naegelii, Lecanora albellula, Lecanora carpinea, Lecanora crenulata, Lecanora dispersa, Lecanora hagenii, Lecanora muralis, Lecanora symmicta, Lecanora varia, Lecidea erythrophaea, Lecidea sp., Lepraria elobata, Parmelia sulcata, Pertusaria albescens, Physcia aipolia, Phaeophyscia nigricans, Phaeophyscia orbicularis, Phlyctis argena, Physcia adscendens, Physcia caesia, Physcia stellaris, Physcia tenella, Physconia detersa, Physconia enteroxantha, Physconia distorta, Rinodina pyrina, Scoliciosporum chlorococcum, Verrucaria nigrescens, Xanthoria parietina, Xanthoria polycarpa*,

Большинство составляют эпифитные виды; гораздо менее распространены эпилитные лишанйки. Эпиксильная лихенобиота, представлена эврибионтными видами, встречающимися и на других субстратах. Типично эпигейные виды не отмечены (табл. 1).

Таблица 1. Местонахождения «краснокнижного лишайника» *Lecanora* (*Protoparmeliopsis) muralis* в музее-заповеднике «Коломенское».

№ пп	Координаты пп GPS	Точность (м)	Жизненность, осень 2014 г.	Субстрат	Степень риска	Примечание
1	N55°39,738” E037°40,107”	6	2	валун	средняя	Несколько талломов, есть повреждения. Осенью 2014 г. на камне появились царапины.
2*	N55°39,456” E037°39,952”	5	2	валун	высокая	На булыжнике мощеной дороги, напротив старых ив. Края таллома повреждены.
3*	N55°39,721” E037°26,499”	6	3	бетон	высокая	На бетонном основании скульптуры «Осенние листья». Возможно повреждение посетителями.

На территории музея-заповедника произрастает один вид, внесенный в Красную Книгу г. Москвы: *Lecanora muralis*, в процессе исследований отмечены два новых его местонахождения

Оценка жизненности дана по 4-балльной шкале: 0 – полностью погибший таллом; 1 – есть некрозы, альгальный слой с повреждениями водорослевых клеток; 2 – есть небольшие некрозы; 3 – жизненность не изменилась, полностью жизнеспособный таллом, альгальный слой в хорошем состоянии.

Значительную часть среди лишайников Коломенского составляют эвритопные нитрофильные виды, особенно на участках, примыкающих к источникам загрязнения (Каширское шоссе, проспект Андропова) – *Xanthoria parietina, Phaeophyscia orbicularis,Phaeophyscia nigricans, Caloplaca holocarpa, Physcia stellari*s и др. Среди лихенизированных грибов особо следует отметить виды, произрастающие на саженцах. Так, на молодых посадках ясеня и липы (вблизи р.Москвы) обнаружены *Graphis scripta, Pertusaria albescens*, вне сомнения, занесенные с саженцами. Эти молодые посадки постоянно обновляются, а после засушливого лета 2014 г. часть деревьев засохла и была удалена.

Поэтому нахождение этих лишайников можно рассматривать как пример непреднамеренной интродукции. Эпилитная лихенобиота представлена *Physcia caesia, Caloplaca decipiens, Lecanora dispers, Verrucaria nigrescens, Lecanora muralis,* а также эврибионтными видами. В последние годы мероприятия по благоустройству территории значительно увеличили разнообразие каменистого субстрата (мощеная дорога от садов к реке, облицовка русла Коломенского ручья в Голосовом овраге, облицовка набережной крупными валунами). Это способствует развитию эпилитной лихенобиоты, дополнившейся таким видом, как *Lecanora crenulata*. На булыжниках мощеной дороги (вблизи старых ив «три сестры») отмечено и одно из местонахождений *Lecanora muralis.*

Следует отметить, что часть каменистого субстрата, потенциально пригодного для эпилитной лихенобиоты, носит сакральный характер, часто посещается отдыхающими, и лишайники на нем не развиты (знаменитые «Девичий камень», «Гусь-камень»). В некоторых случаях собрать образцы для идентификации не представляется возможным, например, образцы *Lecidea sp*. на «половецкой каменной бабе» (надмогильном памятнике с кургана половца-кумана из южнорусских степей). Одно из интереснейших мест Коломенского – Голосов овраг. На дне оврага протекает Коломенский ручей, собирающий как дождевые стоки, так и выходы родников (общее название «Кадочка»). Овраг довольно узкий, с влажным микроклиматом, есть старовозрастные деревья, Именно на старых липах в районе родников «Кадочка» отмечены *Phlyctis argena, Lepraria elobata*, виды р. *Cladonia* (в основном, в виде первичного таллома) и порошкоплодный лишайник *Chaenotheca ferruginea* (с плодовыми телами).

В рамках исследований по изучению возможности реинтродукции редких и уязвимых видов в музее-заповеднике «Коломенское» были заложены 11 трансплантационных площадок (2 – с эпигейными видами: *Peltigera rufescens, P. canina;* 9 – с эпифитным видом *Evernia prunastri*). Материал для трасплантации *Evernia prunastri* был собран с лип и плодовых деревьев на территории заброшенной усадьбы «Знаменское» (Торопецкий район Тверской области). До трансплантации весь материал хранился в криобанке (t= -24°C). В качестве субстрата-форофита использовали древесные породы: ива, боярышник, вяз, ясень, груша. В большинстве случаев трансплантация осуществлялась талломами. На двух площадках (форофит: груша, координаты площадки N55°39,712", E037°26,114" и форофит: ясень, координаты N55°39,326", E037°40,154") посадку осуществляли как талломами, так и пропагулами для повышения приживаемости /Scheidegger, 1995/. Выбор площадок был проведен по схеме диверсификации и с учетом распределения метеорологического потенциала загрязнения (ПЗА), значение которого для Коломенского (данные Мосэкомониторинга) равно 2-2,2 и который, несмотря на то, что музей-заповедник расположен в промышленном районе, соответствует гораздо более благополучным в экологическом плане участкам, таким как Битцевский лес. В то же время, расположенный на восток от музея Московский нефтеперерабатывающий завод (МНПЗ) является источником периодических залповых выбросов поллютантов (например, «черный понедельник» 10 ноября 2014 г., когда выброс сероводорода ощущался на всей территории Москвы). Это формирует двойственный характер лихенобиоты Коломенского. В результате проведенных исследований, на территории музея-заповедника «Коломенское» найдено 44 вида лихенизированных грибов с явным доминированием эпифитной экологической группы и видов, устойчивых к загрязнению, обнаружены новые местонахождения вида, занесенного в Красную Книгу г.Москвы,; на участках со старовозрастными деревьями отмечены виды, характерные для малонарушенных сообществ, проведены трансплантационные мероприятия.

Список литературы

1. Ефимов М.Б., Насимович Ю.А., Шкурский Б.Б., 1999. Природа Южного округа Москвы. Деп. ВИНИТИ 25.06.1999, № 2030-В99. 67с.
2. Бязров Л.Г., 2013. Динамика видового разнообразия эпифитных лихенизированных грибов Южного округа Москвы. Принципы экологии. 2013; 1: 33–50.
3. Инсаров Г.Э., Мучник Е.Э., Инсарова И.Д., 2010 Эпифитные лишайники в условиях загрязнения атмосферы Москвы: методология долговременного мониторинга. Пробл. экол. мониторинга и моделиров. экосистем. 2010; 13: 277-96.
4. Пчелкин А.В. Распространение лишайников в Москве. Деп. ВИНИТИ 5.10.1998, № 2910-В 98. М.: 21 с.
5. Scheidegger C, 1995. Early development of trans-planted isidioid soredia of *Lobaria pulmonaria* in an engangered population.Lichenologist. 1995; 27(5): 361-74.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ НА ОСТРОВАХ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ЯПОНСКОГО МОРЯ)

Родникова И.М.
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток

Лишайники в некоторых условиях формируют существенную часть растительного покрова. Например, в условиях морского побережья и островов. Специфика природных условий на островах определяет своеобразие островной биоты по сравнению с материковой. Это связано, в первую очередь, с ограниченностью площади и изоляцией. Лихенофлористические исследования на островах северо-западной части Японского моря отражены в ряде публикаций [1–3 и др.]. Влияние природных условий на лишайниковые сообщества малых материковых островов рассмотрено в работе [4]. Целью настоящего исследования является – изучение распределения видов лишайников на материковых островах северо-западной части Японского моря.

Район исследования относится к муссонной области умеренного пояса, с сухой зимой и влажным летом. Среднегодовое количество осадков – 800 мм. Из них на теплый период приходится примерно 80%, на холодный –10–20%. Согласно геоботаническому районированию исследованная территория относится к подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов Маньчжурской геоботанической области [5]. Вдоль северо-западного побережья Японского моря встречается ряд островных групп и отдельных островов, которые отделились от материка в результате послеледниковой морской трансгрессии в голоцене 7-11 тыс. лет назад [6].

В настоящее время для островов исследуемой территории известно около 400 видов лишайников. Самыми распространенными видами являются *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid., *Anaptychia isidiata* Tomin, *Caloplaca flavorubescens* (Huds.) J. R. Laundon, *C. scopularis* (Nyl.) Lettau, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Hypocenomyce anthracophila* (Nyl.) P. James et Gotth. Schneid., *Lecanora campestris* (Schaer.) Hue, *Myelochroa aurulenta* (Tuck.) Elix et Hale, *Parmelia saxatilis* (L.) Ach., *Parmotrema perlatum* (Huds.) M. Choisy, P. *reticulatum* (Taylor) M. Choisy, *Pertusaria subobductans* Nyl., *Phaeophyscia hispidula* (Ach.) Essl., *P. rubropulchra* (Degel.) Essl., *Pyxine sorediata* (Ach.) Mont, *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach., *R. subbreviuscula* Asahina, *Xanthoparmelia hirosakiensis* (Gyeln.) Kurok.

В эту группу входят виды, являющиеся эвритопными и виды, произрастающие в преобладающих типах местообитаний – лес и приморские скалы. Наиболее редкие на островах виды: *Anzia colpodes* (Ach.) Stizenb., *A. opuntiella* Müll. Arg., *A. stenophylla* Asahina, *Coccocarpia palmicola* (Spreng.) Arv. et D. Galloway, *Heterodermia boryi* (Fée) Kr. P. Singh & S. R. Singh, *Leptogium burnetiae* C. W. Dodge, *L. hildenbrandii* (Garov.) Nyl., *Pannaria lurida* (Mont.) Nyl., *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Punctelia rudecta* (Ach.) Krog, *Teloschistes flavicans* (Sw.) Norm., *Usnea rubicunda* Stirt.

В списках лишайников островов преобладают виды с узкой и умеренной экологической амплитудой. Распространение первых лимитируется в основном каким-то определенным фактором. Например, виды развивающиеся в зоне прямого воздействия соленой морской воды: *Hydropunctaria maura* (Wahlenb.) Keller, Gueidan et Thüs, *Caloplaca brattiae* W. A. Weber, *C. marina* (Wedd.) Zahlbr. Виды, предпочитающие экспонированные экотопы: *Rusavskya elegans* (Link.) Kondr. et Kärnefelt, *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale, *X. hirosakiensis* (Gyeln.) Kurok., *X. stenophylla* (Ach.) Ahti et D. Hawksw., *Lecanora straminea* Wahlenb. ex Ach., *Dimelaena oreina* (Ach.) Norman. Стратегия видов этой группы – развитие в условиях критического влияниях какого-то определенного фактора, которого не выдерживают другие виды. Виды с умеренной экологической амплитудой развиваются в местообитаниях, имеющих приблизительно близкие значения определенных экологических факторов. Например, *Lepraria membranacea* (Dicks.) Vain. развивается на разных субстратах в мезофитных условиях.

Меньшую долю в списках лишайников островов составляют виды с широкой экологической амплитудой. В эту группу входят лишайники, встреченные на большинстве субстратов и в большинстве типов экотопов. Это виды: *Anaptychia isidiata, Caloplaca citrina* (Hoffm.) Th. Fr, *Flavoparmelia caperata, Myelochroa aurulenta, Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal., *Parmelia saxatilis, Parmotrema perlatum, Phaeophyscia rubropulchra, Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau, *Punctelia borreri* (Sm.) Krog. Это, в основном, листоватые виды, стратегия которых заключается в заселении максимального количества доступных в данных местообитаниях субстратов и эктопов, резко различающихся по значению экологических факторов. Так, например, лишайник *Physcia dubia* поселяется как на коре деревьев, почве и скалах под кроной деревьев, где условия достаточно мезофитные, так и на экспонированных скалах в ксерофитных условиях.

В зависимости от влияния факторов среды на островах можно выделить следующие типы местообитаний, в которых развиваются лишайники: лесные сообщества, травяно-кустарниковые и травяно-полукустарниковые сообщества, приморские скалы, валунно-галечные пляжи. Широкий спектр экологических условий способствует тому, что в пределах одного местообитания встречаются виды лишайников различной экологической приуроченности. На приморских скалах наряду с заметной группой типичных эпилитных видов присутствуют лишайники, которые обычно развиваются на коре деревьев и почве, что объясняется наличием разных субстратов и переходом на скалы видов с растущих рядом деревьев и почвы. Для приморских скал характерно, в большинстве случаев

100% покрытие лишайников, причем, один вид может образовывать сплошное покрытие довольно большой площади. На валунно-галечных пляжах развиваются эпилитные виды, предпочитающие открытые местообитания, а также выдерживающие воздействие соленой морской воды. В данном местообитании лишайниковый покров разреженный.

На почве в травяно-кустарниковых сообществах развиваются эпигеиды, а также лишайники, переселяющиеся сюда с коры деревьев. Лишайники образуют небольшие куртинки среди травы или мхов. В лесах на коре деревьев развиваются преимущественно типичные эпифитные виды, а также присутствуют эпибриофиты. На камнях и скалах в приморских лесах часто преобладают те же виды, что и на деревьях, кроме того, значительно представлены здесь и характерные для этого субстрата эпилитные виды. Покрытие лишайников варьирует от незначительного до почти 100%.

На валунно-галечных пляжах развиваются преимущественно виды с узкой экологической амплитудой. На приморских скалах с наиболее широким диапазоном условий – развиваются как виды с узкой экологической амплитудой, так и широкой.

На островах небольшой площади, вся территория которых подвержена значительному влиянию морской воды, преобладают приморские виды лишайников. На более крупных островах разнообразие лишайниковых сообществ определяется ландшафтной структурой острова и влиянием моря. В связи с тем, что преобладающим типом растительных сообществ на большинстве крупных островов является лесная растительность, здесь преобладают эпифитные лишайники. Разнообразие лишайников внутриостровных местообитаний зависит от многообразия форм рельефа и растительных сообществ. В приморских местообитаниях, находящихся под прямым действием морской воды, развиваются типичные эпилитные лишайники.

В приморских экотопах, где влияние моря ослаблено, в образовании лишайникового покрова на скалах участвуют наряду с эпилитными лишайниками и широко распространенные на других субстратах виды.

Исследованные острова по своему происхождению являются материковыми. Поэтому при отделении их биота была сходной с таковой на материке. Однако в процессе островного развития биота изменялась в соответствии с новыми условиями. В настоящее время очень сильное влияние на растительный покров островов северо-западной части Японского моря оказывает человеческая деятельность. Исчезают редкие виды, их место занимают виды с широкой экологической амплитудой. Это ведет к обеднению биоты, в том числе и лишайников.

Список литературы

1. Чабаненко С.И. К лихенофлоре острова Путятина. Флора и систематика споровых растений Дальнего Востока. Владивосток. 1986: 151-5.
2. Скирина И.Ф. Лишайники островов и прибрежных участков. Дальневосточный морской биосферный заповедник. Владивосток: Дальнаука, 2004; 2: 431-53.
3. Родникова И.М. К лихенофлоре островов и материкового побережья залива Петра Великого (Японское море). Новости систематики низших растений. 2013; 47:253-261.
4. Родникова И.М. Лишайники в растительном покрове малых островов (северо-западная часть Японского моря). Ботан. журн. 2011; 96(8): 1053-69.
5. Колесников Б.П. Растительность. Дальний Восток: Физико-географическая характеристика. М.: Изд-во АН СССР. 1961:182-245.
6. Велижанин А.Г. Время изоляции материковых островов северной части Тихого океана. Докл. Академии наук СССР. 1976; 231(1): 205-7.

ЛИШАЙНИКИ В КРАСНЫХ КНИГАХ УЛЬЯНОВСКОЙ И САМАРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Шустов М.В.
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва.

Территория современных Ульяновской и Самарской областей расположена в Среднем Поволжье, в лесостепной и степной природных зонах. Лишайники региона представляют значительный научный интерес в связи с проблемами флорогенеза. Следует отметить, что среди лишайников данной территории, наряду с широко распространенными видами, встречаются уникальные виды, произрастание которых заслуживает серьезного изучения, а сами лишайники – государственных мер охраны.

В Красную книгу Ульяновской области занесены 32 вида лишайников, среди которых редкие и нуждающиеся в охране лишайники, в том числе находящиеся на границах ареалов, а также климатические реликты флор различных периодов (Шустов, 2006; 2008; 2014 а; б).

Ряд лишайников на территории Ульяновской области имеют изолированные участки своих ареалов на южных границах таковых на равнине. К ним относятся арктовысокогорный вид *Phaeophyscia constipata* (Norrl. & Nyl.) Moberg, гипоарктомонтанные виды *Cladonia acuminata* (Ach.) Norrl., *C. decorticata* (Pers.) Florke, *Lecanora cenisia* Ach., *Melanelia panniformis* (Nyl.) Essl., *M. sorediata* (Ach.) Goward et Ahti, *Immersaria cupreoatra* (Nyl.) Calat & Rambold, *Umbilicaria deusta* (L.) Baumg., бореальные виды *Cladonia caespiticia* (Pers.) Florke, *C. turgida* Hoffm., *Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw., *B. furcellata* (Fr.) Brodo et D. Hawksw., *B. fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D.Hawksw., *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav., *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. et C.F. Culb.

В тоже время ряд аридных лишайников на территории Ульяновской области находятся на северных границах своих ареалов. К таковым относятся *Cladonia subrangiformis* Sandst., *Lecanora bolcana* (Pollin.) Poelt, *Neofuscelia ryssolea* (Ach.) Essl., *Xanthoparmelia camschadalis* (Ach.) Hale, *Rinodina terrestris* Tomin, *Ramalina capitata* (Ach.) Nyl. in Cromb., *Fulgensia fulgens* (Sw.) Elenkin.

Значительный научный интерес представляют лишайники, находящиеся на территории Ульяновской области на западных границах своих ареалов. Данные виды широко распространены в Азии, некоторые и в Северной Америке, в то время как в Европе они встречаются лишь на Приволжской возвышенности, а некоторые, из нижеперечисленных, известны только из Ульяновской области. К таковым относятся аридный вид *Aspicilia transbaicalica* Oxner, монтанный вид *Lecanora crustacea* (Savicz) Zahlbr., гипоарктомонтанный вид *Lasallia pensylvanica* (Hoffm.) Llano.

Ряд лишайников, характеризующихся широкими рассеянными ареалами, имеют единичные местообитания на территории Ульяновской области. К таковым относятся неморальный вид *Flavopunctelia soredica* (Nyl.) Hale, субокеанические виды *Cladonia portentosa* (Dufour) Coem., *Bryoria subcana* (Nyl. ex Stizenb.) Brodo et D. Hawksw., *Ramalina polymorpha* (Lilj.) Ach., монтанные виды *Dimelaena oreina* (Ach.) Norman, *Rinodina milvina* (Wahlenb.) Th. Fr., *Lasallia rossica* Dombr.

Все вышеперечисленные лишайники на территории Ульяновской области (а также в границах Приволжской возвышенности) в настоящее время являются редкими, нуждающимися в охране. Особое значение сохранению указанных видов придает то, что многие из них являются климатическими реликтами флор различных периодов на данной территории. Так реликтом флоры раннего – среднего миоцена является *Flavopunctelia soredica,* реликтом флоры позднего миоцена - *Lecanora bolcana*, реликтами флоры раннего – среднего плиоцена - *Lasallia pensylvanica*, *Lecanora crustacea*, *Immersaria cupreoatra*, *Melanelia panniformis*, *M. sorediata*, *Lasallia rossica*, *Umbilicaria deusta*, реликтами флоры позднего плиоцена - *Cladonia turgida*, *Hypogymnia tubulosa*, реликтами флоры эоплейстоцена – *Neofuscelia ryssolea*, *Rinodina terrestris*, реликтом флоры раннего – среднего плейстоцена - *Cladonia caespiticia*, реликтом флоры позднего плейстоцена - *Aspicilia transbaicalica*.

В настоящее время в Красную книгу Самарской области занесены 7, и рекомендованы к занесению 27 видов лишайников, среди которых исчезающие, редкие и нуждающиеся в охране лишайники, в том числе находящиеся на границах ареалов, подавляющее большинство которых являются климатическими реликтами флор различных периодов (Шустов, 2006; 2007; 2014 а, б).

Особого внимания заслуживает *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., омнинеморальный мультирегиональный ареал которой в последние десятилетия сокращается повсеместно. Данный вид в 30-х гг. XX в. изредка встречался на мхах в лесах Главного хребта Жигулей, в лихенологическом гербарии БИН РАН (LE) хранится единственный образец *L. pulmonaria,* собранный А.М. Семеновой Тян-Шанской на территории современной Самарской области в 1945 г. в Жигулях, в овраге Малиновый Дол. В 1985 – 2014 гг. данный вид в Жигулевском государственном заповеднике им. И.И. Спрыгина обнаружен не был.

Ряд омнибореальных лишайников на территории Самарской области имеют изолированные участки своих ареалов на южных границах таковых на равнине. К ним относятся *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot., *C. rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg. и *Cetraria islandica* (L.) Ach. В тоже время омниаридный мультирегиональный лишайник *Psora decipiens* (Hedw.) Hoffm. на территории Самарской области в Жигулях находится на северной границе своего ареала.

Омнимультизональный мультирегиональный лишайник *Rusavskia elegans* (Link) S. Kondr. & Kärnefelt и мультизональный голарктический вид *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann имеют единичные в Поволжье местообитания на территории Самарской области.

Все вышеперечисленные лишайники на территории Самарской области в настоящее время являются редкими, нуждающимися в охране. Особое значение сохранению указанных видов придает то, что некоторые из них являются климатическими реликтами флор различных периодов на данной территории. Так, реликтами флоры позднего миоцена являются *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina* и *Cetraria islandica*.

Следует отметить, что 27 видов лишайников, в настоящее время, рекомендованы к занесению в Красную книгу Самарской области. Основная часть из них на территории Самарской области имеют изолированные участки своих ареалов на южных границах распространения на равнине. К ним относятся: арктовысокогорный лишайник *Phaeophyscia constipata* (Norrl. & Nyl.) Moberg, омниарктовысокогорный вид *Rinodina turfacea* (Wahlenb.) Korb., гипоарктомонтанный *Leptogium tenuissimum* (Dicks.) Korb., омнигипоарктомонтанный вид *Physconia muscigena* (Ach.) Poelt, монтанные лишайники *Rinodina oxydata* (A. Massal.) A. Massal. и *Romjularia lurida* (Ach.) Timdal.

Аридные голарктические лишайники *Glypholecia scabra* (Pers.) Mull. Arg., *Rinodina lecanorina* (A. Massal.) A. Massal. и *Rinodina terrestris* Tomin на территории Самарской области в Жигулях находятся на северных границах своих ареалов.

Мультизональные голарктические виды *Diplotomma venustum* Körb., *Phaeophyscia sciastra* (Ach.) Moberg и *Collema cristatum* (L.) Weber ex F.H. Wigg. имеют единичные в Поволжье местообитания в Жигулях, на территории Самарской области.

Необходимо отметить, что *Glypholecia scabra* является климатическим реликтом позднего миоцена, *Phaeophyscia constipata, Physconia muscigena, Rinodina turfacea, Romjularia lurida* – климатическими реликтами раннего – среднего миоцена.

В последнее десятилетие лишайники Самарской области целенаправленно и планомерно изучает Е.С. Корчиков. На основании многолетних разносто-

ронних исследований (Корчиков, 2009; 20011; 2012а; 2012б; 2014) им были рекомендованы к занесению в Красную книгу Самарской области 15 видов лишайников: *Staurothele levinae* Oxner, *Chaenothecopsis rubescens* Vain., *Chaenotheca trichialis* (Ach.) Th. Fr., *Calicium viride* Pers., *Cladonia squamosa* Hoffm., *Flavopunctelia soredica* (Nyl.) Hale, *Neofuscelia ryssolea* (Ach.) Essl., *Xanthoparmelia camtschadalis* (Ach.) Hale, *Peltigera lepidophora* (Nyl. ex. Vain.) Bitter, *Diploschistes diacapsis* (Ach.) Lumbsch, *Aspicilia desertorum* (Kremp.) Mereschk., *Aspicilia fruticulosa* (Eversm.) Flagey., *Circinaria hispida* (Mereschk.) A. Nordin, Savić & Tibell, *Lobothallia praeradiosa* (Nyl.) Hafellner, *Ochrolechia pallescens* (L.) A. Massal.

Таким образом, в Красные книги Ульяновской и Самарской областей были занесены 39 и рекомендованы к занесению 27 видов лишайников, ареалы которых представляют значительный научный интерес, сохранение которых является важнейшей общественной и государственной задачей. При подготовке материалов для Красных учитывалось, что наиболее эффективной охрана лишайников будет в случае включения в Красные книги, в первую очередь, известных местообитаний видов на ранее узаконенных особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Ульяновской и Самарской областей.

К сожалению, в последнее десятилетие участились случаи «хозяйственного освоения» данных территорий – вырубки леса, разработки карьерами полезных ископаемых на степных участках, негативное влияние на состояние многих ООПТ региона оказали засуха и лесные пожары 2010 г.

Список литературы

1. Шустов М.В. Лишайники. Красная книга Ульяновской области. Под науч. ред. Е.А. Артемьевой и др.; Правительство Ульяновской области. Ульяновск: Изд. «Артишок». 2008: 236-57.
2. Шустов М.В. Лишайники в Красных книгах Самарской и Ульяновской областей. Бюлл. Главн. бот. сада. 2014а; 200(1): 39-42.
3. Шустов М.В. Лишайники в Красных книгах Самарской и Ульяновской областей. Лихенология в России: актуальные проблемы и перспективы исследований. Прогр. и тр. 2-й Межд. конф., посвящ. 300-летию Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и 100-летию Института споровых растений (Санкт-Петербург, 5 – 8 нояб. 2014 г.). СПб. 2014б: 253-59.
4. Шустов М.В. Лишайники, рекомендованные в Красную книгу Самарской области. Бюлл. Самарская Лука. 2006; 17: 69-76.
5. Шустов М.В. Лишайники. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов. Под ред. Г.С. Розенберга и С.В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. С. 318 - 325.
6. Корчиков Е.С. Предложения к Красной книге Самарской области: лишайники степей. Раритеты флоры Волжского бассейна: Сб. докл. участников Всерос. научной конференции. Тольятти: «Кассандра». 2009: 83-9.
7. Корчиков Е.С. Лишайники Самарской Луки и Красносамарского лесного массива. Самара: Издво «Самарский университет». 2011: 320 с.
8. Корчиков Е.С. Предложения к Красной книге Самарской области: лишайники степей. Раритеты флоры Волжского бассейна: доклады участников II Российской научной конференции (г. Тольятти, 11 – 13 сент. 2012 г.). Под ред. С.В. Саксонова и С.А Сенатора. Тольятти: «Кассандра». 2012а:137-42.
9. Корчиков Е.С. Лишайники в Красной книге Самарской области. Молодые исследователи ботанической науке 2012: Мат. III Межд. научно-практической конференции (Гомель, 28–29 сент. 2012 г.). Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 2012б: 67-72.
10. Корчиков Е.С. К изучению лишайников степей юга Самарской области. Лихенология в России: актуальные проблемы и перспективы исследований. Прогр. и тр. 2-й Межд. конф., посвящ. 300-летию Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и 100-летию Института споровых растений (СПб, 5 – 8 нояб. 2014 г.). СПб. 2014: 106-11.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ В КРАСНУЮ КНИГУ РОССИИ: ЛИШАЙНИКИ *LASALLIA PENSYLVANICA* (HOFFM.) LLANO, *LECANORA CRUSTACEA* (SAVICZ) ZAHLBR. И *ASPICILIA TRANSBAICALICA* OXNER

Шустов М.В.
Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН, Москва.

Среди лишайников, составляющих лихенобиоту Приволжской возвышенности, многие виды нуждаются в занесении в Красную книгу РФ (Шустов, 2006). В первую очередь, по-видимому, в Красную книгу России должны быть занесены лишайники, произрастание которых свидетельствует об основных этапах исторического становления флоры (в том числе лихенофлоры) и растительности России и Евразии. К таковым, среди прочих, относятся *Lasallia pensylvanica* (Hoffm.) Llano, *Lecanora crustacea* (Savicz) Zahlbr., *Aspicilia transbaicalica* Oxner. Данные виды обладают широкими дизъюнктивными ареалами, охватывающими Азию, Урал (а *L. pensylvanica* – Кавказ, Северную Америку и Западную Гренландию), встречаясь в Восточной Европе лишь в регионах, не подвергавшихся непосредственному воздействию четвертичных оледене-

ний на Приволжской возвышенности (*A. transbaicalica* и в Предуралье). *L. pensylvanica* и *L. crustacea* являются реликтами флоры раннего – среднего плиоцена, а *A. transbaicalica* – позднего плейстоцена. Следует подчеркнуть, что *L. pensylvanica* и *L. crustacea* обладают единичными местообитаниями, приуроченными к наиболее древним элементам рельефа на территории Ульяновской области. *A. transbaicalica* – редко встречается на выходах песчаника по вершинам останцев древнего плато в Ульяновской, Самарской и Волгоградской областей.

Ласаллия пенсильванская

Lasallia pensylvanica (Hoffm.) Llano

Семейство Умбиликариевые - *Umbilicariaceae* Chevall.

Статус. Категория 2. Сокращающиеся в численности. Таксоны и популяции с неуклонно сокращающейся численностью могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения.

Описание. Слоевище монофильное, 3 – 25 см в диаметре, и 0,25 – 0,3 мм толщины, более или менее округлое или неправильной формы, с городчатыми или неправильно разорванными краями, изредка продырявленное. Верхняя поверхность слоевища в центральной части светло-оливково-коричневая, к краям темнеющая до темно-коричневой, матовая, покрытая пузыревидными вздутиями, без изидиев. Нижняя поверхность однообразно окрашенная, черно-коричневая, до черной, грубо сосочко- или бородавчато-ареолированная, с глубокими ямчатыми впадинами, соответствующими вздутиям верхней поверхности, без ризин.

Апотеции 0,4 – 2 мм в диаметре, расположенные ближе к периферии слоевища, рассеянные или скученные, сидячие или на коротких ножках, черные, с вогнутым или плоским гладким диском, окруженным толстым краем, обычно развиваются. Эксципул 66 – 80 мкм толщины, состоит из изодиаметрических клеток. Гипотеций 66 – 140 мкм толщины, коричневый. Гимениальный слой до 100 мкм высоты. Парафизы 1,4 – 3,4 мкм в диаметре, простые, септированные, на вершинах коричневые. Споры 36 – 60×14 – 28 мкм, скоро темнеющие, муральные, со многими клетками.

Сердцевина от *C* и *KC* краснеет.

Распространение. Гипоарктомонтанный восточноевропейско-азиатско-американский вид, произрастает на выходах силикатных горных пород в гипоарктической зоне и горах Кавказа, Азии, Северной Америки, Западной Гренландии, Восточной Европе встречается только в Ульяновской области.

Численность и тенденции её изменения. Единичное местообитание, численность стабильна.

Особенности биологии и экологии. Умбиликатный умбиликатно-листоватый облигатный эпилит, произрастает на выходах силикатных горных пород.

Лимитирующие факторы. Уничтожение местообитаний, разработка карьерами песчаника.

Принятые меры охраны. Вид занесен в Красную книгу Ульяновской области. Охраняется на территории памятника природы «Скрипинские Кучуры» в окрестностях села Михайловка Тереньгульского района Ульяновской области.

Рекомендации по сохранению вида в естественных условиях. Сохранение известных местообитаний на территории урочища «Скрипинские Кучуры» в окрестностях села Михайловка Тереньгульского района Ульяновской области.

Источники информации. *Еленкин,* 1906; *Голубкова*, *Савич*, 1978; *Голубкова,* 1983; *Шустов*, 2006; 2008; 2014.

Леканора накипная.

Lecanora crustacea (Savicz) Zahlbr.

Семейство Леканоровые - *Lecanoraceae* Korber

Статус. Категория 2. Сокращающиеся в численности. Таксоны и популяции с неуклонно сокращающейся численностью, которые при дальнейшем воздействии факторов, снижающих численность, могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения.

Описание. Слоевище не розетковидное, вероятно, может быть довольно крупным, толстое, 3 – 6 мм толщины, не очень плотно приросшее к субстрату, в центре короткочешуйчатое, с очень прижатыми друг к другу, часто черепитчатыми, скрученными, иногда более или менее свободными до рассеянных чешуйками с вогнутой, плоской до выпуклой поверхностью, 1 – 2,5 мм ширины, желтовато-зеленоватое, блестящее, голое, по краю лопастное, однако лопасти очень мало отличаются от чешуек, часто расчленены на пальцеобразные удлиненные доли, с гладкой поверхностью. Подслоевище коричневатое, до коричневато-черноватого.

Апотеции 1–2,5 мм в диаметре, довольно многочисленные, часто крупнее чешуек, рассеянные до скученных, сидячие, сильно суженные у основания, округлые до неправильно округлых. Диск бледно-коричневатый, до красновато-коричневатого, плоский до выпуклого, плоский до выпуклого, блестящий, голый, окруженный большей частью цельным до мелкогородчатого слоевищным краем. Эксципул и гипотеций плохо разграничены. Гимениальный слой бесцветный, 60–70 мкм высоты. Эпитеций 10–13 мкм высоты, коричневатый до грязновато-коричневого. Парафизы плотно соединенные, слегка головчатые. Сумки удлиненно-булавовидные. Споры 8–11×5,5 – 6,5 мкм, эллипсоидные.

Слоевище от *K* и *C* не изменяется в окраске.

Распространение. Монтанный восточноевропейскоазиатский вид, произрастает на выходах горных пород в Азии (Восточная Сибирь, Камчатка, Киргизия, Монголия), в Восточной Европе обнаружен недавно, встречается только на Приволжской возвышенности (Предволжье Ульяновской области). В Ульяновской области произрастает на выходах палеогенового песчаника по останцам древнего верхнего плато, в том числе на территории памятников природы «Скрипинские Кучуры» в окрестностях села Михайловка Тереньгульского района и «Змеиная горка» в окрестностях села Красный Яр Сенгилеевского района.

Численность и тенденции её изменения. Единичные местообитания, численность стабильна.

Особенности биологии и экологии. Накипной чешуйчатый чешуйчато-лопастной облигатный эпилит, произрастает на выходах некарбонатных горных пород.

Лимитирующие факторы. Уничтожение местообитаний, разработка карьерами песчаника.

Принятые меры охраны. Охраняется на территории памятников природы «Скрипинские Кучуры» в окрестностях села Михайловка Тереньгульского района и «Змеиная горка» в окрестностях села Красный Яр Сенгилеевского района Ульяновской области.

Рекомендации по сохранению вида в естественных условиях. Сохранение известных местообитаний, в том числе на территории памятников природы «Скрипинские Кучуры» в окрестностях села Михайловка Тереньгульского района и «Змеиная горка» в окрестностях села Красный Яр Сенгилеевского района Ульяновской области.

Аспицилия забайкальская

Aspicilia transbaicalica Oxner

Семейство Мегаспоровые – *Megasporaceae* Lumbsch

Статус. Категория 2. Сокращающиеся в численности. Таксоны и популяции с неуклонно сокращающейся численностью, которые при дальнейшем воздействии факторов, снижающих численность, могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения.

Описание. Слоевище вначале однообразно накипное, затем вскоре карликово-кустистое, 1–4 см ширины (м. б. гораздо больше), вначале с бородавчатыми или пузыревидными ареолами, которые очень рано разрастаются в вертикальные, тесно собранные в подушечку выросты, оливково-бурое, желтовато-серое или желтовато-оливковое (в условиях затенения), матовое. Выросты 2 – 10 (15) мм высоты, прямые или слегка согнутые, в нижней части 0,3 (0,5) мм толщины, кверху булавовидно или постепенно утолщающиеся, на вершине до 1 (2) мм толщины, простые или 1 – 3 (10) – разветвленные, с тесно прилегающими к основному выросту, толстыми, также вертикально направленными, прямыми веточками, покрыты гладким коровым слоем.

На вершине всех выростов заметна псевдоцифелла в виде неглубокой ямки, покрытой сизым налетом. Подслоевище светлое, бледно-желтовато-сероватое, образует корневидные ветвистые тяжи, укрепляющие слоевище на субстрате. Коровый слой 35–55 мкм толщины, параплектенхимный, состоит из крупных клеточек с округлыми, (3) 5,8–6,5 мкм ширины просветами, бесцветный, но верхняя его часть 6–9 мкм толщины, буроватая.

Апотеции, иногда многочисленные, размещены на вершине выростов по 1 в углублении, вначале сильно углубленные, позже поверхностные. Диск 0,3–0,5 (2) мм в диаметре, черноватый, покрыт сизым налетом, вогнутый до плоского, окружен толстым, цельным, или, редко, слегка потрескавшимся, ровным или позднее извилистым, 0,1–0,15 мм толщины слоевищным краем одного цвета со слоевищем, а на внутренней стороне обычно беловатым. Эксципул бесцветный, латеральная часть около 15 мкм ширины, у поверхности 17–20 мкм ширины, базальная часть не развита. Гипотеций бесцветный. Гимениальный слой бесцветный 115 – 125 мкм высоты. Эпитеций красновато-бурый, 8 – 12 мкм толщины. Парафизы склеенные, в нижней части 1,5 мкм толщины, в верхней части членистые, с булавовидной или почти шаровидной верхней клеткой около 5,8 мкм ширины, простые. Сумки булавовидные, 100–120×20 – 30 мкм, с 4 спорами, часто недоразвитыми. Споры широкоэллипсоидные, на концах округленные, 23 – 29 × 13 – 18 мкм. Слоевище от *K*, *C* и *KC* не изменяется, сердцевинный слой от *J* не синеет.

Распространение. Аридный восточноевропейскоазиатский вид, произрастает на валунах и скалах песчаника в горных степях Азии, в Восточной Европе встречается только в Предуралье и на Приволжской возвышенности (Предволжье Волгоградской, Саратовской, Самарской и Ульяновской областей).

Численность и тенденции её изменения. Единичные местообитания, численность стабильна.

Особенности биологии и экологии. Накипной карликово-кустистый облигатный эпилит, произрастает на выходах некарбонатных горных пород.

Лимитирующие факторы. Уничтожение местообитаний, разработка карьерами песчаника.

Принятые меры охраны. Вид занесен в Красную книгу Ульяновской области. Охраняется на территории памятника природы «Скрипинские Кучуры» в окрестностях села Михайловка Тереньгульского района Ульяновской области.

Рекомендации по сохранению вида в естественных условиях. Сохранение известных местообитаний, в том числе на территории урочищ «Скрипинские Кучуры» и в окрестностях села Михайловка и «Черемоховка» Тереньгульского района Ульяновской области, горы «Уши» Камышинского района Волгоградской области.

Список литературы:

1. Шустов М.В. Лишайники Приволжской возвышенности. Отв. ред. Н.С. Голубкова. М.: Наука. 2006: 236 с.
2. Еленкин А.А. Флора лишайников Средней России. Юрьевю 1906. Ч. 1: 56-7.
3. Голубкова Н.С., Савич В.П. Сем. Umbilicariaceae. Определитель лишайников СССР. Вып. 5. Кладониевые – Акароспоровые. Л.: Наука. 1978: 89-136.
4. Голубкова Н.С. Анализ флоры лишайников Монголии. Л.: Наука. 1983: 248 с.
5. Шустов М.В. Лишайники. Красная книга Ульяновской области. Под науч. ред. Е. А. Артемьевой и др.; Правительство Ульяновской области. Ульяновск: Изд. «Артишок»; 2008: 236-57.
6. Шустов М.В. Лишайники в Красных книгах Самарской и Ульяновской областей. Бюлл. Главного ботанического сада. 2014а. Вып. 200; 1: 39-42.
7. Копачевская Е.Г. Род Placolecanora. Определитель лишайников СССР. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. Л.: Наука. 1971; 1: 219-37.
8. Окснер А. Н. Род Aspicilia. Определитель лишайников СССР. Вып. 1. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. Л.: Наука. 1971: 146-217.

НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ *GRAPHIS CERVINA* (GRAPHIDACEAE) НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

Скирина И.Ф.[1], Скирин Ф.В.[1], П.С. Дмитренок[2]
[1]Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 690041, Владивосток
[2]Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН, Владивосток

Редкий эпилитный лишайник *Graphis cervina* (Sm.) Ach. на территории России произрастает только на юге Приморского края. В 1965 г. О.Б. Блюм впервые для России обнаружил в заповеднике «Кедровая падь» на Гаккелевском хребте на скальных обнажениях (глинистые сланцы) эпилитный лишайник *Graphis hunana* A. Z. (Блюм, 1970). Позднее, в Определителе лишайников СССР (1977), М.Ф. Макаревич этот вид указала в синонимах *G. cervina*. В работе Lücking et al (2009) *G. hunana* сводится в синонимы к *Graphis intricata* Fée, а *G. cervina* и *G. intricata* представлены как самостоятельные виды. В связи с этими перестановками возникла некоторая путаница.

По последним данным (Lücking et al., 2009), основные различия между *G. intricata* и *G. cervina* заключаются в составе лишайниковых кислот. Для *G. intricata* характерно наличие только норстиктовой кислоты, а для *G. cervina* – норстиктовой, салациновой и/или стиктовой кислот. В четвёртом томе Определителя лишайников СССР (1977) для *G. cervina,* найденного в заповеднике "Кедровая падь", указано наличие только норстиктовой кислоты. Для устранения возникшей путаницы, необходимо уточнение состава лишайниковых кислот образца, собранного в заповеднике Кедровая падь и установление его принадлежности к тому или другому виду.

В 2010 г. на Южном Сихотэ-Алине авторами найдено новое местонахождение эпилитного лишайника *G. cervina*. Хемо-таксономический анализ, проведённый в Тихоокеанском институте биоорганической химии ДВО РАН, показал наличие в образце, собранном на г. Литовка, норстиктовой, салациновой и стиктовой кислот. Морфологические характеристики образца полностью совпадают с описанием *G. cervina* (Moon et al., 2014).

Основные характерные признаки *G. cervina* – замкнутый эксципул, очень узкий диск, крупные споры, произрастание на каменистом субстрате.

Изученные образцы. Россия, Приморский край, Шкотовский р-н, Ливадийский хребет, г. Литовка, верховье ключа Березовый, 43° 06' с. ш., 132° 47' в. д., 687 м над ур. м., северный склон, пихтово-еловый лес, на скальных обнажениях (ороговикованные сланцы), 26. 08. 2011, №29566, собрали Ф.В. Скирин и И.Ф. Скирина.

Graphis cervina можно охарактеризовать как субтропическо-тропический вид муссонного климата. Основная часть ареала вида находится в Японии. Так же вид встречается в Южной Корее (Moon et al., 2014). В России *G. cervina* произрастает на северной границе ареала.

Условия произрастания, сложившиеся на горе Литовка (Ливадийский хребет), благоприятны для развития данного вида. Северный склон покрыт каменистыми россыпями, тянущимися от вершины (абсолютная высота 1279 м) вниз на значительном протяжении (до высоты 500–400 м). Здесь произрастают хвойные и хвойно-широколиственные леса.

Благодаря значительной высоте хребтов, отмечается увеличение облачности, туманов и относительной влажности воздуха. Снеговой покров на северных склонах среди каменистых развалов сохраняется до июля. Непосредственное местообитание вида характеризуются затененностью. Лишайник произрастает на горизонтальных и вертикальных поверхностях скальных обнажений, занимая значительную площадь. Отдельные талломы достигают размеров до 30-40 см в диаметре.

Список литературы

1. Блюм О. Б. *Graphis hunana* A. Z. – новый лишайник для флоры СССР. Новости систематики низших растений. 1970; 6: 232-36.
2. Макаревич М.Ф. Семейство *Graphidaceae* – Графидовые. Определитель лишайников СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд. 1977. Вып. 4: 265-74.
3. Lücking R, Archer AW, Aptroot A. A world-wide key to the genus Graphis (Ostropales: Graphidaceae). Lichenologist. 2009; 41(4): 363-452.
4. Moon KH, Nakanishi M, Ahna C, Kashiwadani H. Existence of *Graphis cervina* Müll. Arg. (Graphidaceae) in Korea. J Jap Botany, Summaries, 2014; 89(4): 249-52.

ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРЫ ЛИПЫ АМУРСКОЙ (ЮЖНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)

Скирин Ф.В., Скирина И.Ф.
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток

Химические и физические свойства коры форофита являются важным фактором, влияющим на формирование эпифитных лишайниковых сообществ. Кислотно-щелочные свойства коры одной и той же породы могут отличаться в зависимости от общего геохимического фона территории. Поэтому возникает необходимость в изучении влияния pH коры форофита на формирование видового состава лишайниковых

группировок в разных регионах страны. В Приморском крае к настоящему времени авторами проведено изучение влияния кислотно-щелочных свойств коры форофита на формирование лишайниковых сообществ для дуба монгольского, кедра корейского, пихты белокорой, ели аянской, березы ребристой и ивы Шверина (Скирин, Скирина, 2007, Скирина, Скирин, 2008, 2009, 2012). В настоящей работе приводятся материалы по видовому составу лишайников и кислотно-щелочным свойствам коры липы амурской, ранее в Приморском крае не исследованной.

В работе использованы материалы, собранные авторами на Южном Сихотэ-Алине в 2005–2014 гг. Липа амурская произрастает в широколиственных, хвойно-широколиственных лесах, в пределах абсолютных высот 50–250 м. Описания сделаны на высоте ствола 130 см со стороны с наибольшим покрытием лишайников на пробной площадке 20×20 см. Для определения pH со стволов равномерно по всей окружности на высоте 130 см отобраны образцы верхнего слоя коры без лишайников (весом 1–2 г, толщиной 1–2 мм). Высушенные образцы измельчали и экстрагировали дистиллированной водой из соотношения 1:20 мл воды в течение 2-х часов при периодическом встряхивании. Измерение pH нефильтрованных экстрактов проводили потенциометрически.

В результате исследований на липе амурской выявлено 200 видов эпифитных лишайников, относящихся к 34 семействам и 71 роду. Наибольшим числом видов представлены семейства (их доля составляет 86,5% всех видов): *Parmeliaceae* (61 вид), *Physciaceae* (27 видов), *Lobariaceae* (15 видов), *Collemataceae* (14), *Lecanoraceae* (12), *Pertusariaceae* (11), *Ramalinaceae* (8), *Buelliaceae, Teloschistaceae* (по 7 видов), *Stereocaulaceae* (6), *Ochrolechiaceae* (5). Наиболее полиморфными являются семейства *Parmeliaceae* (21 род) и *Physciaceae* (7 родов). К наиболее крупным родам (64,5% от всех видов), относятся: *Pertusaria*, *Usnea* (по 11 видов), *Lecanora, Lobaria* (по 10), *Heterodermia*, *Leptogium* (по 8), *Caloplaca* (7), *Hypogymnia, Physconia, Lepraria, Collema* (по 6), *Phaeophyscia, Rinodina, Ochrolechia, Bryoria, Cetrelia, Myelochroa, Parmelia, Ramalina* (по 5 видов). Одним видом представлены 36 родов.

Липа амурская характеризуется слабо отслаивающейся шероховатой корой. Данный тип коры благоприятен для поселения на ней разных жизненных форм лишайников: на гладких участках предпочитают поселяться накипные виды, на шероховатых – листоватые и кустистые. В районе исследования на липе амурской выявлено 74 вида лишайников с накипным талломом из родов: *Bacidia, Brigantiaea, Buellia, Caloplaca, Graphis, Lecanora, Lecidella, Lepraria, Lopadium, Megalospora, Ochrolechia, Pertusaria, Scoliciosporum, Tephromela, Tetramelas, Varicellaria* и др., 101 вид с листоватым талломом – *Anaptychia, Anzia, Cetrelia, Coccocarpia, Collema, Hypogymnia, Heterodermia, Leptogium, Lobaria, Menegazzia, Myelochroa, Nephromopsis, Parmelia, Parmelina, Parmotrema, Phaeophyscia, Pseudocyphellaria, Pyxine, Punctelia, Sticta* и др. и 25 видов с кустистым талломом – *Bryoria, Evernia, Polychidium, Ramalina, Usnea.* Такое соотношение жизненных форм характерно для деревьев с отслаивающейся корой.

Самыми распространенными видами на липе амурской являются: *Caloplaca flavorubescens, Flavoparmelia caperata, Graphis scripta, Lecanora allophana, Menegazzia terebrata, Myelochroa aurulenta, M. subaurulenta, Ochrolechia parella, Parmotrema perlatum, Parmelia squarrosa, Pertusaria multipuncta.* Несколько реже встречаются: *Anaptychia isidiata, Cetrelia chicitae, Collema subflaccidum, Leptogium saturninum, Ochrolechia trochophora, Heterodermia hypoleuca, Lecanora chlarotera, Lecidella euphorea* и др. Данные виды имеют высокую адаптационную способность по отношению к субстрату. Редко встречаются: *Arthonia helvola, Brigantiaea fuscolutea, Bryoria capillaris, Flavopunctelia soredians, Nephromopsis laii, Sticta insinuans, Varicellaria rhodocarpa* и др.

Лихенофлора липы амурской вбирает в себя виды лишайников, произрастающие как на хвойных, так и на лиственных деревьях. Сравнение видового состава лишайников липы амурской и других форофитов (методом кластерного анализа проанализировано 47 форофитов) показало, что наибольшее сходство в видовом составе лишайников наблюдается между парами: дуб–липа (коэффициент сходства Серенсена – Чекановского равен Ic=0,69), клен желтый – липа (Ic=0,64), ясень маньчжурский – липа (Ic=0,63), клен маньчжурский – липа (Ic=0,55), Наименьшее сходство отмечено между парами: тис – липа (Ic=0,15), ильм японский – липа (Ic = 0,23), черемуха азиатская – липа (Ic=0,24), диморфант – липа (Ic=0,24).

Представленная группа форофитов по морфологическим свойствам коры варьирует от сильно шелушащейся гладкой коры (клен желтый), до плотной шероховатой (дуб, ясень, клен маньчжурский). Зачастую, в паре форофитов, близких по видовому составу лишайников, встречаются деревья с не очень близкими физическими свойствами коры, например – клен желтый-липа.

Деревья, входящие в данную группу имеют различную реакцию pH коры. Общий диапазон pH – 5,0–6,7. Значение pH коры липы находится в диапазоне 5,5–6,9 (среднее pH 6,2). Однако, кислотно-щелочные реакции коры большинства этих форофитов находятся в интервале 5,2–6,4, и лишь отдельные образцы выпадают из него в ту или иную сторону. В результате формируется общее ядро видов толерантных к фактору pH, обуславливающее сходство видовых составов этих форофитов.

Деревья, имеющие с липой амурской наименьший коэффициент сходства видовых составов, заметно отличаются от неё как по физическим (сильно шелушащаяся или плотная и гладкая), так и по химическим (кислая или нейтральная) свойствам коры.

Основную, наиболее многочисленную группу видов, встреченных на липе, составляют лишайники, произрастающие на субстратах с нейтральной или слабощелочной реакцией среды. Диапазон pH коры 5,0–6,7 для них является наиболее благоприятным, хотя эти виды имеют широкую экологическую валентность по отношению к данному фактору среды.

Так, например, *Physconia kurokawae* встречается в интервале pH 5,0–7,4; *Phaeophyscia rubropulchra* – 5,0–6,7; *P. hirtuosa* – 5,0-7,0; *P. hispidula* – 5,0–6,7; *Myelochroa aurulenta* 4,2–6,8; *Flavoparmelia caperata* – 3,8-6,7 (Скирин, Скирина, 2007; Скирина, Скирин, 2008а, 2009).

Высокие показатели коэффициента флористического сходства объясняются большим числом общих видов, имеющих значительную экологическую амплитуду по отношению к физико-химическим свойствам коры деревьев.

Таким образом, проведенные исследования выявили богатый видовой состав эпифитных лишайников, произрастающих на липе амурской. Это обусловлено ее химическими (нейтральная и субнейтральная кора) и физическими (слабо отслаивающаяся шероховатая кора) свойствами, благоприятными для произрастания большинства видов лишайников.

Изучение кислотно-щелочных свойств коры деревьев, как в Приморском крае, так и на юге Дальнего Востока России, несомненно, расширят сведения о диапазоне pH коры, и о приуроченности к ним различных видов лишайников.

Список литературы

1. Скирин Ф.В., Скирина И.Ф. Изучение зависимости видового состава эпифитных лишайников от кислотно-щелочных свойств коры дуба монгольского (на примере Сихотэ-Алинского заповедника). Дальневосточная конф. по заповедному делу (Благовещенск, 1–4 окт. 2007 г.): Материалы конф. Т.2. Благовещенск: АФБСИ ДВО РАН, БГПУ, 2007: 44-50.
2. Скирина И.Ф., Скирин Ф.И. Изучение видового состава эпифитных лишайников и кислотно-щелочные свойства коры ивы Шверина (на примере Приморского края). Современная микология в России. 2008; 2: 536-37.
3. Скирина И.Ф., Скирин Ф.И. Изучение видового состава эпифитных лишайников и кислотно-щелочных свойств коры дуба монгольского (на примере юга Дальнего Востока России). Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22–27 сент. 2008 г.). Часть 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008 а: 234-38.
4. Скирина И.Ф., Скирин Ф.В. Изучение видового состава эпифитных лишайников и кислотно-щелочных свойств коры пихты почкочешуйной, ели аянской и кедра корейского (Приморский край). Изучение грибов в биогеоценозах: сборник материалов V Международной конференции (г. Пермь, 7-13 сентября, 2009). Науч. ред. Л. Г. Переведенцеваи др. Пермь. 2009: 332-36.
5. Скирина И.Ф., Скирин Ф.В. Эпифитные лишайники и физико-химические свойства коры березы ребристой (Южный Сихотэ-Алинь). Соврем. микол. 2012; 3: 252-53.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ЭПИЛИТНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ЛИШАЙНИКОВ

Сонина А.В.
Петрозаводский государственный университет

Влияние экологических факторов и реакции на них организмов рассматривают в виде трех основных путей адаптации к условиям среды. Первый – подчинение организма влиянию факторов с изменением интенсивности обмена веществ. Такой путь свойствен пойкилотермным и пойкилогидрическим организмам. Подчинение среде экономит энергетические ресурсы организма, но ограничивает периоды его активности.

Противоположный путь – активное сопротивление влиянию внешней среды. Он связан с поддержанием постоянной температуры тела, обводненности, других показателей внутренней среды организма и фоормированием механизмов гомеостаза в изменяющихся условиях. Таковы гомойотермные, гомойогидрические виды. Третий путь адаптации характерен в основном животным, способным к перемещению в пространстве. Это путь избегания неблагоприятных условий, активный выбор подходящих местообитаний, помогающий уйти от отрицательного влияния факторов (Одум, 1986; Шилов, 2003).

Лишайники как пойкилогидриты подчиняются условиям абиотической среды, адаптируясь на морфологическом, физиологическом, биохимическом уровнях. Слабые конкуренты среди элементов фитоценозов, лишайники, занимают непригодные для растений местообитания, где им приходится порой противостоять суровым условиям среды.

Так, поселяясь на скалах морских побережий в условиях высоких широт, лишайники адаптируются к периодическому заливания, штормовому волновому действию, низким температурам, сильным ветрам и т. п. Изучению экологических адаптации лишайников и их выявлению посвящено крайне ограниченное число работ (Rogers, 1996; Голубкова, 2001; Сонина, 2009).

Вопросы функционирования и динамики прибрежных экосистем, в том числе адаптивных механизмов к динамическим условиям приливно-отливного режима морских побережий особенно в арктических регионах остаются слабо проработанными в современной биологии (Чернов, Матвеева, 2002; Марковская и др., 2010).

В результате проведенного исследования на группе эпилитных лишайников побережий Баренцева моря (Мурманское побережье, окрестности пос. Дальние Зеленцы, Мурманская обл.) и Белого моря (Карельский берег: окрестности г. Беломорска, пос. Растьна-

волок, пос. Колежма, пос. Кереть – Республика Карелия) в период 2009–2014 гг., были выявлены основные адаптивные признаки, которые позволяют им приспособиться к обитанию в нестабильных условиях приливно-отливной зоны. Для этого, в пределах трансект, ориентированных от линии уреза воды в максимальный отлив до растительности коренного берега, изучали эпилитный лишайниковый покров (видовой состав, покрытие в пределах учетных площадок – 10х20 см) и оценивали параметры среды (угол наклона поверхности субстрата, удаленность от линии уреза воды, освещенность, состояние субстрата) (Фадеева, Сонина, 2007).

К наиболее экологически приспособленным относятся лишайники накипных плотно корковых, чешуйчатых и ареолированных биоморф. Именно эти формы талломов характерны для доминантных видов лишайников: *Verrucaria ceuthocarpa* Wahlenb., *Wahlenbergiella mucosa* (Wahlenb.) Gueidan & Thüs, *Hydropunctaria maura (*Wahlenb.) Keller, Gueidan & Thüs, а также виды родов *Rhizocarpon, Lecanora, Acpicilia*, обитающих в трех лишайниковых зонах (1, 2, 3 лишайниковые зоны, выделяются по характеру лишайникового покрова в зависимости от удаленности от линии уреза воды). Плотно срастаясь с субстратом гифами сердцевинного слоя, они способны выдерживать разную силу воздействия со стороны моря.

Анализ репродуктивной стратегии эпилитных прибрежных лишайников показывает, что в данных условиях преобладают виды, размножающиеся половым способом. Аскоспоры, вероятно, имеют больше возможностей закрепиться и удержаться в мелких структурах субстрата в условиях влияния моря, в отличие от более крупных частиц вегетативного размножения – соредий и изидий. В литературе такая же особенность указывается и для эпилитных лишайников пустынь (Голубкова, 2001), в отличие, например, от эпигейных лесных лишайников, у которых большую роль играет вегетативное размножение (соредии, изидии) (Bowler, Rundel, 1975).

Т.А. Работнов (1983) рассматривает жизненную стратегию вида как совокупность приспособлений, обеспечивающих ему возможность обитать с другими организмами и занимать определенное положение в соответствующих биоценозах. Экологические стратегии поведения видов разработаны для растений Л.Г. Раменским (1938: по Миркин и др., 2001) и Ф. Дж. Граймом (Grime, 1978: по Миркин и др., 2001). Вслед за высшими растениями Дж. Грайм, обобщив работы исследователей по лишайникам (Rogers, 1996; и др.), установил связь между жизненными стратегиями и формой роста лишайников, способами размножения, субстратным распространением, разнообразием вторичных лишайниковых веществ в их талломах.

На основании чего им выявлены следующие экологические стратегии для этой группы организмов. С-стратегией (конкурентная стратегия, виоленты) характеризуются виды листоватых биоморф с изидиями или без вегетативных пропагул, эпилитных, эпифитных, эпиксильных экологических групп, содержащие вторичные метаболиты – аллелопатические соединения. К лишайникам с S-стратегией (стресс-устойчивые, патиенты) автор отнес накипные, листоватые жизненные формы, соредиозные талломы, эпилиты и эпифиты с лишайниковыми веществами, обладающими защитными свойствами. Лишайники R-стратегии (рудералы, эксплеренты): накипные лишайники временных субстратов, без вегетативных пропагул.

Изучив морфо-физиологические особенности эпилитных лишайников побережий Белого и Баренцева морей, мы выявили виды со следующими жизненными стратегиями в прибрежных экосистемах. Эпилитные лишайники, как нами установлено, в условиях побережий адаптируются, прежде всего, к воздействию абиотических факторов среды (влияние водоема). К наиболее приспособленным относятся виды накипных жизненных форм, а наличие вторичных метаболитов и их значительное содержание помогает противостоять низким температурам и повышенной радиации в открытых местообитаниях побережий водоемов в высоких широтах. Это дает основание рассматривать виды эпилитной экологической группы побережий, доминирующих в 1–3-й лишайниковых зонах как патиенты (S), стресс-устойчивые организмы по классификации Дж. Грайма.

Преобладание на побережьях северных морей видов накипных лишайников, размножающихся половым или собственно бесполым путем мелкими аскоспорами или конидиеспорами, что обеспечивает им надежное закрепление в мелких структурах субстрата, свидетельствует о своеобразии их репродуктивной стратегии. Согласно взглядам Дж Грайма, такая репродуктивная стратегия позволяет расценивать эти виды как эксплеренты (R-стратегия), которые не способны противостоять конкуренции со стороны других видов. В самом деле, в условиях приливно-оливной динамики, когда серьезное воздействие оказывает фактор заливания соленой водой, в таких местообитаниях встречаются узко специализированные виды, вероятно не способные к конкурентной межвидовой борьбе. Однако в данных условиях среды они прежде всего обеспечивают устойчивость к абиотическим факторам.

В ходе специального изучения морфологической изменчивости эпилитных лишайников по мере продвижения на север в арктический регион от побережья Белого моря к побережью Баренцева, на примере двух видов *Lecanora polytropa* (Ehrh.) Rabenh.и *Lecanora intricata* (Ach.) Ach., нами установлено, что морфология может значительно меняться (это относится, конечно, к полиморфным видам). В условиях Белого моря эти виды формируют слабо развитые, порой исчезающие талломы как у *Lecanora polytropa*, когда образуются только плодовые тела, выполняющие и функцию вегетации.

На побережье Баренцева моря у этих же видов хорошо развитые толсто-корковые талломы с крупными ареолами, в которые погружены апотеции, что повышает жизненность вида в более суровых условиях. Наличие спор полового размножения и развитие

апотециев внутри толстых ареол (*Lecanora intricata*) с точки зрения адаптированности вида к жестким климатическим факторам является более оправданным, перед формированием соредиев – крупных пропагул вегетативного размножения.

Кроме того, наличие на талломе соралиев не обеспечивало бы защиты (в отсутствие целостности корового слоя) альгального слоя перед абиотическими факторами. На наш взгляд, в условиях 1–3-й лишайниковых зон в прибрежных экосистемах Белого и Баренцева морей половой способ размножения, обеспечивающий видам устойчивость к стрессовым факторам среды, можно считать проявлением S-стратегии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности, проект 6.724.2014/К.

Список литературы

1. Одум Ю. Экология. М.: Мир. 1986. 1: 328 с.
2. Шилов И.А. Экология. М.: Высш. школа. 2009: 512.
3. Rogers RW. Ecological strategies of lichens. Lichenologist. 1990; 22: 149-62.
4. Голубкова Н.С. Лишайники пустыни Гоби (Монголия) и их адаптивная стратегия. Новости систематики низших растений СПб.: Наука. 2001; 35: 129-40.
5. Сонина А. В. Морфологические адаптации прибрежных эпилитных лишайников в условиях северных морей. Естеств. техн. науки. 2009; 6: 113-7.
6. Матвеева Н.В. Видовое разнообразие растительных сообществ в Арктике. Виды и сообщества в экстремальных условиях. М.: «София», 2009: 190-208.
7. Чернов Ю. И., Матвеева Н. В. ландшафтно-зональное распределение видов арктической биоты. Усп. совр. биол. 2002; 122(1): 26-45.
8. Марковская Е.Ф., Сергиенко Л.А., Шкляревич Г.А. и др. Природный комплекс побережий Белого моря. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2010: 135 с.
9. Фадеева М.А., Сонина А.В. Методические подходы к изучению роли лишайников в разрушении памятников древнего наскального. Акт. пробл. геоботан: III Всерос. школа-конф. Петрозаводск. 2007. Ч. 2: 351-5.
10. Bowler PA, Rundel PW. Reproductive strategies in Lichens. Bot J Linnean Soc. 1975; 70: 325-40.
11. Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология. 1998: 237 с.
12. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: «Логос». 2001: 264 с.

АНАЛИЗ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ПОПУЛЯЦИЙ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ

Суетина Ю.Г.
Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

Нами предложена концепция дискретного описания онтогенеза лишайников по аналогии с растениями (Суетина, 2008 а).

Под популяцией у лишайников понимают локальную группу талломов одного вида, более или менее пространственно отделенных от других таких же групп (Fahselt, 1996). Вопрос же о популяционной структуре вида у лишайников только еще начинает обсуждаться (Progress..., 2000, Михайлова, 2004; Глотов, Суетина, 2005).

Анализ онтогенетических (возрастных) спектров дает ценную информацию о состоянии популяции, нормах ее реакции на воздействие внешних факторов. Важным моментом является изучение динамики численности прегенеративной и генеративной частей популяции, процессов отмирания в разных онтогенетических группах. Основные тенденции их изменений в значительной мере определяют направление хода развития популяции в целом.

Основными факторами, влияющими на развитие лишайников, являются освещенность и влажность. В более освещенных и сухих мезоповышениях сосняков происходит более интенсивный рост слоевищ *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, что приводит к их ускоренному развитию в онтогенезе. В таких условиях быстрее происходит старение слоевищ, что находит отражение в онтогенетических спектрах популяции с большей долей g_2v и g_3v групп. В условиях меньшей освещенности и большей влажности в мезопонижении сосняка брусничного более медленное развитие слоевищ объясняет отсутствие g_3v, ss и s особей (Суетина, 2008б).

Сравнение онтогенетических спектров популяции *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в одном местообитании на разных форофитах показал, что онтогенетический спектр на липе сердцелистной характеризуется высокой долей потенциально генеративных особей, спектр на пихте сибирской отличается высокой долей прегенеративных особей, что обусловлено, вероятно, лучшей приживаемостью соредий и выживаемостью молодых особей.

Анализ онтогенетической структуры популяции *R. farinacea* на разных высотах ствола дерева показал, что заселение нижних участков ствола происходит за счет соредий слоевищ, растущих на верхних участках стволов деревьев (Суетина, Ивашкина, 2009). Изучение онтогенетической структуры с учетом жизненности слоевищ

(шкала основана на повреждении слоевищ) дает дополнительную информацию о состоянии популяции. Для *Evernia prunastri* (L.) Ach. показано, что по сравнению с природными местообитаниями в городских условиях крайне низка доля особей v_1 группы и отмечена высокая доля g_3v и ss особей. В городских условиях развитие особей на всех этапах онтогенеза проходит на более низких уровнях жизненности. В природных местообитаниях на завершающих этапах онтогенеза резкое снижение жизненности особей может быть вызвано избыточным освещением (Суетина, Ямбердова, 2010).

Статистический анализ онтогенетических спектров связан с методическими сложностями. Суммарный спектр, например, спектр на форофите липа, получается путем суммирования спектров отдельных деревьев. Эта процедура предполагает, что спектры на отдельных деревьях липы статистически значимо не различаются. Однако анализ обширных данных по природным популяциям *E. prunastri*, *H. physodes*, *P. furfuracea* показывает, что спектры на разных деревьях в пределах одного местообитания очень сильно варьируют.

В настоящее время разработаны адекватные методы статистического анализа для сравнения онтогенетических спектров при гетерогенности выборки: сравнение параметров спектров, применение метода главных компонент и метода регрессии для упорядоченных классов (Глотов и др., 2014; Глотов, Иванов, 2014; Иванов, 2014; Glotov et al., 2015).

Список литературы

1. Суетина Ю.Г. Применение концепции дискретного описания онтогенеза растений к лишайникам. Совр. микол. России. Материалы съезда микологов России. М.: Нац. акад. микол. 2008а: 539.
2. Fahselt D. Individuals, populations and population ecology. Cambridge. 1996: 181-98.
3. Progress and Problems in Lichenology at the Turn of the Millennium: The Fourth IAL Symposium. Barselona, 2000: 132-6.
4. Михайлова И.Н. Популяционная биология лишайников: проблемы и перспективы. Методы популяционной биологии: Сб. матер. VII Всерос. популяционного семинара. Ч. 2. Сыктывкар, 2004: 96-101.
5. Глотов Н.В., Суетина Ю.Г. О популяциях у лишайников. Регионология. 2005. Прил. №6: 224-30.
6. Суетина Ю.Г. Структура популяции лишайника *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf в мезоповышении и мезопонижении сосняка лишайниково-мшистого. Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Мат. всерос. конф. Ч. 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008б: 244-46.
7. Суетина Ю.Г., Ивашкина Е.И. Распределение слоевищ по стволу липы сердцелистной и структура популяции *Ramalina farinacea* (L.) Ach. Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 4. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. 2009: 166-71.
8. Суетина Ю.Г., Ямбердова Е.И. Онтогенез и возрастно-виталитетная структура популяции лишайника *Evernia prunastri* (L.) Ach.. Вестник Удмуртского государственного университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 3: 44-52.
9. Глотов Н.В., Софронов Г.Ю., Иванов С.М., Теплых А.А., Суетина Ю.Г. Онтогенетические спектры популяций эпифитного лишайника *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. Совр. пробл. науки и образ. 2014. № 3. URL: http:.www.science-education.ru/117-13744
10. Глотов Н.В., Иванов С.М. OntoParam: программа для оценки и сравнения параметров онтогенетических спектров популяций растений и лишайников при гетерогенности выборки. URL: http:. marsu.ru/structur/BasicUnits/institute/imen/program.php#ontoParam (дата обращения: 14.02.2015). Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014614672.
11. Иванов С.М. OntoORM: программа для анализа онтогенетических спектров популяций растений и лишайников при помощи регрессии для упорядоченных классов. URL: http:.marsu.ru/structur/BasicUnits/institute/imen/program.php#ontoORM (дата обращения: 14.02.2015).
12. Glotov NV, Sofronov GYu, Ivanov SM, Suetina YuG et all. The Analysis of Ontogenetic Spectrum of Heterogeneous Population. LI Weisfeld et al. (Eds.). Biological Systems, Biodiversity, and Stability of Plant Communities. Apple Acad Press. 2015. ISBN 978-1-77188-064-0 (in press).

ЭПИГЕЙНЫЕ ЛИШАЙНИКИ БОЛОТ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НУМТО» (ХМАО-ЮГРА)

Толпышева Т.Ю.[1], Шишконакова Е.А.[2], Аветов Н.А.[1]

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

[2] Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Природный парк окружного значения «Нумто» организован в 1997 г. Он находится в центре Западно-Сибирской равнины на границе Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов. Почти со всех сторон парк окружен интенсивно разрабатываемыми нефтегазовыми месторождениями. Согласно ботаническому районированию, территория относится к Надымской провинции подзоны северной тайги. Эта часть Западно-Сибирской низменности находится в климатической зоне избыточного ув-

Таксономическая структура лишайников болот

Класс	Подкласс	Порядок	Семейство	Род	Число видов
Lecanoromecetes	Ostropomycetidae	Pertusariales	Icmadophylaceae	Icmadophyla	1
	Lecanoromycetidae	Lecanorales	Peltigeraceae	Peltigera	2
			Cladoniaceae	Cladonia	38
			Parmeliaceae	Alectoria	1
				Cetraria	2
				Cetrariella	1
				Flavocetraria	2
				Govardia	1

лажнения, в болотной зоне выпуклых олиготрофных болот (Лисс, Березина, 1981). Болота на территории парка представляют основной тип растительных сообществ, отличаясь при этом значительным разнообразием (Шалатонов, Московченко, 2007; Валеева и др., 2008). Лишайники были собраны в самом широком спектре болотных биоценозов в южной половине парка – на гетеротрофных мерзлых комплексных плоскобугристых (доминирующих на водораздельных пространствах) и крупнобугристых болотах (занимающих меньшие площади и обычно приуроченных к краевым частям водоразделов), на талых кустарничково-лишайниковых кочковато-бугристых болотах (местами с сосной), расположенных на периферии гетеротрофных мерзлых массивов, на олиготрофных сосново-кустарничково-сфагновых болотах, приуроченных в основном к склонам водоразделов, на олиго-, олиго-мезотрофных и мезо-эвтрофных комплексных грядово-мочажинных болотах, встречающихся в долинах рек и ложбинах стока, а также в поймах рек на древесных эвтрофных болотах (сограх). На ряде участков болот были отмечены регрессионные явления.

На болотных массивах найдено 48 видов эпигейных лишайников. Таксономический спектр (таблица) типичен для заболоченных территорий Западной Сибири (Лисс и др., 2001). Среди эпигейных лишайников болот преобладают виды, имеющие кустистую форму роста (45); 2 вида с листоватой и 1 – с накипной. Основную средообразующую роль играют виды р. *Cladonia* секции *Cladina* и, в первую очередь, *C. rangiferina*, как более «мезотрофный» вид, чем *C. stellaris*, *C. arbuscula*, *C. mitis*.

Почти все эти лишайники растут как на открытых, хорошо освещённых участках, так и под кронами деревьев, как на оголённом торфе, так и среди разных видов мхов. Они встречаются в различных исследованных типах болотных комплексов. Виды, имеющие шиловидные и сцифоидные подеции среди зарослей мхов из сем. Hylocomiaceae практически не встречаются.

Некоторые из них, например *Cladonia metacorallifera*, *C. carneola*, *C. cornuta*, *C. chlorophaea*, *C. cenotea*, *C. digitata* отмечены на оголённом торфе. Сплошной покров из лишайников на мерзлых буграх указывает на практически полную остановку торфонакопления, и, таким образом, свидетельствует о наступлении регрессионной стадии в развитии плоско- и крупнобугристых болот (Лисс и др., 2001).

Виды сем. Parmeliaceae предпочитают более дренированные местообитания и обычно приурочены к окраинам болот. Исключение составляет *Cetrariella delisei,* растущая в микропонижениях на денудированных пятнах торфа («пятна вымокания») вместе с печеночником *Cladopodiella fluitans*. Виды р. *Peltigera* не типичны для болот, встречаются очень редко, в основном в сосново-кустарничковых фитоценозах на периферии болотных массивов. К редко встречающимся на болотах видам относятся *Cladonia cariosa*, *C. diversa*, *C. ramulosa*, *C. pyxidata*, *C. libifera*, *C. macrophylla*.

Необходимо подчеркнуть, что лишайниковый покров болот в районе исследования претерпевает в настоящее трансформацию, связанную с деградацией многолетнемерзлых пород, что во многом предопределяется современными климатическими событиями. К их числу, в первую очередь, следует отнести потепление климата в западносибирской Арктике и Субарктике, особенно явно прослеживающееся с начала 80-х гг. XX века (Кирпотин и др., 2007), а также экстремальные погодные явления, частота которых заметно возросла в регионе в последние годы.

Таяние мерзлоты в торфяных буграх плоскобугристых и крупнобугристых комплексов приводит к развитию термокарста, выражающегося в формировании просадок, в зависимости от их глубины, либо сохраняющих дренированный характер, либо подверженных переобводнению. Наиболее интенсивные проявления данного процесса отмечены на склонах южной экспозиции, а также на участках, примыкающим к крупным ложбинам стока.

Нами были обследованы сравнительно молодые формы термокарстового микрорельефа. В длительно обводненных термокарстовых воронках лишайники не отмечены, основную роль в восстановлении растительности таких участков играют осоковые и мхи. Зарастание денудированных просадок, приуроченных к верхушкам и склонам бугров и лишенных растительного покрова, начинается с формирования пионерных мохово-лишайниковых группировок по их перифе-

рии, что видимо, обусловлено возможностями заноса диаспор с прилегающих участков бугров с сохранившимся мерзлотным режимом и растительностью.

Денудированные локальные небольшие просадки или склоны термокарстовых провалов практически лишены сосудистых растений. Произраставшие ранее кустарнички на таких местах выпадают, изредка отмечаются единичные экземпляры *Rubus chamaemorus*. Среди поселившихся на подобных участках мхов отмечены *Polytrichum juniperinum, P. strictum, Dicranella cerviculata,* постепенно «затягивающие» образовавшиеся пятна денудированного торфа, а также *Cladonia amaurocraea*, *C. pleurota*, *C. coccifera*, *C. deformis*, *C. digitata*, *C. cornuta*, *C. macilenta*, *C. crispata*, 2 вида секции *Cladina* и *Icmadophila ericetorum*.

В условиях деградации мерзлоты нижние части бугров, занятые кустистыми эпигейными лишайниками, обычно оседают и погружаются в обводненные ерсеи. Это приводит к угнетению и отмиранию лишайников, что в сочетании с выпадением растений кустарничкового яруса может способствовать индикации процессов деградации многолетнемерзлых пород.

Список литературы

1. Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западной Сибири. М.: Изд-во МГУ. 1981: 204 с.
2. Шалатонов Е.Н., Московченко Д.В. Типология и динамика болотных экосистем северной тайги Западной Сибири в условиях воздействия нефтегазового комплекса (на примере природного парка «Нумто»). Сиб. экол. журн. 2007; 14(6): 933-43.
3. Валеева Э.И., Московченко Д.В., Арефьев С.П. Природный комплекс парка «Нумто». Новосибирск: Наука. 2008: 280 с.
4. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и соавт. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К°. 2001: 584 с.
5. Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А., Днепровская В.П. Динамика площадей термокарстовых озер как индикатор климатических изменений (по данным наземного и космического мониторинга). В сб.: Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее. Мат. II Межд. полевого симп. Томск. 2007: 29-32.

XANTHOPARMELIA PULVINARIS (GYELN.) AHTI & D. HAWKSW. – СТЕПНОЙ ЛИШАЙНИК, РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В КРАСНУЮ КНИГУ РФ

Вондракова (Меркулова) О.С.[1], Давыдов Е.А.[2]
[1]Институт степи УрО РАН, Оренбург
[2]Алтайский государственный университет, Барнаул
[2]Тигирекский заповедник, Барнаул

В настоящее время все большее внимание уделяется проблеме редких, уязвимых и нуждающихся в охране видов. В связи с подготовкой нового издания Красной Книги России возникла необходимость в пересмотре списка видов и в обосновании новых кандидатов – макролишайников, нуждающихся в сохранении. В данной работе приводится информация о распространении, отличительных особенностях морфологии, экологии одного из уязвимых степных видов.

Xanthoparmelia pulvinaris (Gyeln.) Ahti & D. Hawksw. (=*Xanthoparmelia pseudohungarica* (Gyeln.) Hale) – ксерофитный лишайник, встречающийся на песчаной почве в открытых степных местообитаниях, а также на известковой почве, в местах с несколько разреженной растительностью, в степях и остепненных местообитаниях. Таллом листоватый, слабо прикрепленный к почве и мелким камням или свободный, плотный, формирует неправильные розетки 3–8 см в диаметре, бледно желтовато-зеленый. Лопасти 1–3 мм шириной, обычно короткие, нерегулярно ветвящиеся, свернуты поперек своей длинной стороны по направлению вниз, на концах рассечены. Верхняя кора бледно, но различимо белопятнистая, блестящая, изидий и соредий нет, сердцевина белая. Нижняя поверхность плоская или завернутая, блестящая, гладкая или морщинистая, коричневая до темно-коричневой; ризины густые или средней густоты, коричневые, простые, реже разветвленные, 0,3–0,8 мм длиной. Пикниды и апотеции отсутствуют, размножается участками слоевища. Содержит салациновую кислоту как основной компонент, консалациновую и усниновую кислоты как дополнительный, нами также обнаружены следы протоцетраровой и норстиктовой кислот.

Данный вид относится к степным «кочующим» лишайникам, которые ранее собирательно относили к группе «*Parmelia vagans*». В ее состав входят также виды: *X. camtschadalis* (Ach.) Hale, *X. desertorum* (Elenkin) Hale, *X. subdiffluens* (Zahlbr.) Hale и иногда переходящая на почву *X. stenophylla* (Ach.) Ahti & D. Hawksw. Они имеют одинаковый набор лишайниковых кислот, поэтому различать эти виды необходимо только на основании внешних признаков и экологических особенностей (Вондракова и др., 2011). Так, наиболее широко распространенным, обычным видом в степях, является *X. camtchadalis*, который образует свободные розетки, иногда местами прирастающие к мелким камням и имеет узкие (1ж4 мм) лопасти, завернутые вдоль слоевища, так, что по нижнему краю виден светлый ободок верхней поверхности. Более широкие (5–7 мм), разделенные лентовидные лопасти образуют *X. subdiffluens* и иногда переходящая на почву *X. stenophylla*. Однако первый вид – довольно редок и произрастает на голой почве или щебне, а второй – самый обычный, но в качестве основного предпочитает каменистый субстрат.

X. desertorum также редкий вид, произрастающий в самых сухих степных сообществах песчаных степей на юге России и имеет сильно сморщенные, свернутые вдоль лопасти с редкими ризинами. *X. pulvinaris* имеет обильные ризины, предпочитает карбонатные почвы, имеет узкие (1–3 мм), приподнимающиеся лопасти, которые сильно лацинированы – разделены на мелкие лопастинки по краю и часто поперечно завернуты внутрь (поперек оси).

Данный вид описан из Венгрии с указанием распространения в Чехии и Югославии (Hale, 1990). В настоящее время так же известны находки из субмеддитерального пояса Испании (Pérez-Ortega, Elix, 2007), Черногории (Hawksworth et all., 2008), Монголии (Huneck et all., 1992, как *X. cf. pseudohungarica*), Украины (Ходосовцев и др. 2013) северной части Казахстана (Вондракова, 2014а). В России известен с Крыма (Ходосовцев и др. 2013), Поволжья (Кулаков, 2002), Южного Урала (Вондракова и др., 2011) и Алтая (гербарные данные ALTB).

Мы считаем, что необходимо также его внесение в региональные Красные книги и Красную книгу Российской Федерации со статусом 2 – уязвимый вид, сокращающийся в численности.

Список литературы

1. Вондракова О.С., Калиновская Е.В., Ханин В.А. Лишайники рода *Xanthoparmelia* (Vain.) Мат. 7-й междунар. школы-семинара молодых учёных «Геоэкологические проблемы степных регионов». Оренбург, 2011. Вопр. степеведения. 2011: 22-4.
2. Hale ME, Jr. A synopsis of the lichen genus *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (Ascomycotina, Parmeliaceae). Smithsonian Contr. Bot. 1990; 74: 1-250.
3. Pérez-Ortega S, Elix JA. Xanthoparmelia pseudohungarica in Spain. Lichenologist. 2007; 39(3): 297-300.
4. Hawksworth DL, Blanco O, Divakar PK et all. A first checklist of parmelioid and similar lichens in Europe and some adjacent territories, adopting revised generic circumscriptions and with indications of species distributions. Lichenologist. 2008; 40(1): 1-21.
5. Huneck S, Ahti T, Cogt, U, Poelt J, Sipman H J (1992) Zur Verbreitung und Chemie von Flechten der Mongolei III. Ergebnisse der Mongolisch-Deutschen Biologischen Expedition seit. Nova Hedwigia. 1962; 217(54): 277-308.
6. Ходосовцев О.Є., Надєіна О.В., Вондракова О.С. Нові для України види епігейних лишайників. Укр. ботан. журн. 2013; 70(3): 386-91.
7. Кулаков В.Г. Кустистые и листоватые лишайники Нижнего Поволжья. Волгоград, 2002:125 с.
8. Вондракова О.С. Хемотаксономическая ревизия рода *Xanthoparmelia* (Parmeliaceae, Ascomicota) гербарной коллекции LE. Лихенология в России: актуальные проблемы и перспективы исследования. II Междунар. конф. СПб. 5 – 8. 11.2014. СПб, 2014а; 49-55.
9. Красная книга Волгоградской области. Комитет охраны природы Администрации Волгоградской области: Волгоград. 2006. II. Растения и грибы: 236 с. ISBN 5-85616-060-6. http://redbookvo.volgawetlands.ru/redbook2/index.php-art=L203.htm
10. Вондракова О.С. Лишайники заповедника «Оренбургский». Оренбургский заповедник: значение для сохранения степных экосистем России и перспективы развития. Труды ГПЗ «Оренбургский». Вып. 1. Оренбург. 2014б: 28-39.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИХЕНОФИЛЬНОЙ МИКОБИОТЫ КАВКАЗА: НОВЫЕ ВИДЫ

Журбенко М.П.[1], Кобзева А.А.[1], Киященко А.А.[1], Грабенко Е.А.[2]

[1]Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

[2] Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х.Г. Шапошникова, Майкоп

Наиболее естественным выражением степени изученности регионального разнообразия той или иной группы организмов является удельный вес новых видов в региональных инвентаризационных списках.

Определение коллекции лихенофильных грибов, собранных М. П. Журбенко в 2012 г., в основном в районе Тебердинского заповедника, выявило 105 видов этих грибов, из которых 65 оказались новыми для Кавказа, 16 – для Азии, 14 – для России, а по крайней мере один вид – новым для науки (рис. 1). При этом степень выявления данной локальной микобиоты, оцененная по коэффициенту Тюринга (Леонтьев, 2008), не превышала 50%.

Виды, новые для Азии: *Abrothallus cetrariae* I.Kotte, *Hainesia aeruginascens* Brackel, *H. brevicladoniae* Diederich & van den Boom, *Lichenostigma rupicolae* Fern.-Brime & Nav.-Ros., *Minutoexcipula calatayudii* V.Atienza, *Neobarya peltigerae* Lowen, Boqueras & Gomez-Bolea, *Opegrapha anomea* Nyl., *O. rotunda* Hafellner, *Polycoccum arnoldii* (Hepp) D. Hawksw., *P. kaernefeltii* S.Y.Kondr., *Pronectria echinulata* Lowen, *P. santessonii* (Lowen & D. Hawksw.) Lowen, *Pyrenochaeta xanthoriae* Diederich, *Taeniolella delicata* M.S.Christ. & D.Hawksw., *Trichonectria anisospora* (Lowen) van den Boom & Diederich и *Zwackhiomyces echinulatus* Brackel.

Виды, новые для России *Cercidospora melanophthalmae* Nav.-Ros., Calat. & Hafellner, *Hainesia aeruginascens, H. brevicladoniae, Lichenostigma rupicolae, Marchandiobasidium aurantiacum* Diederich & Schultheis, *Minutoexcipula calatayudii, Neobarya*

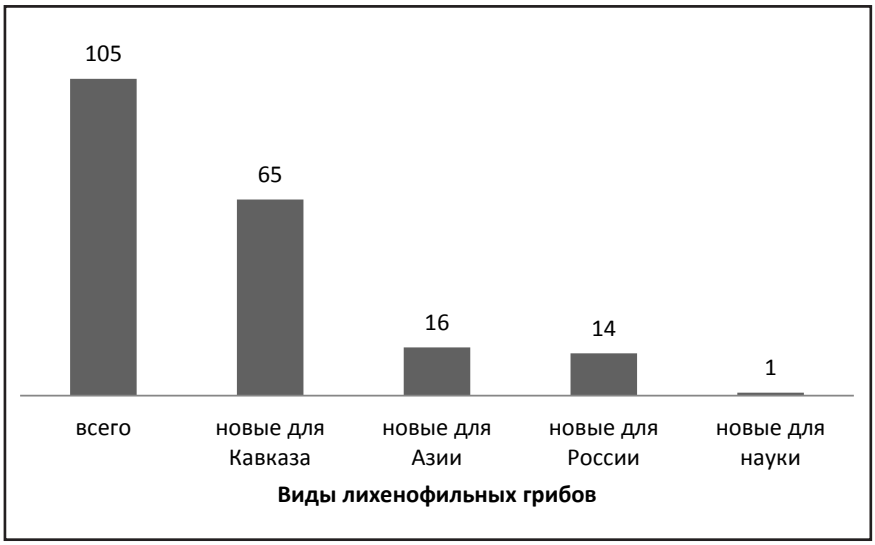


Рисунок 1. Число «новых для» видов в составе локальной лихенофильной микобиоты на Кавказе (по: Zhurbenko, Kobzeva 2014; Zhurbenko et al. 2015).

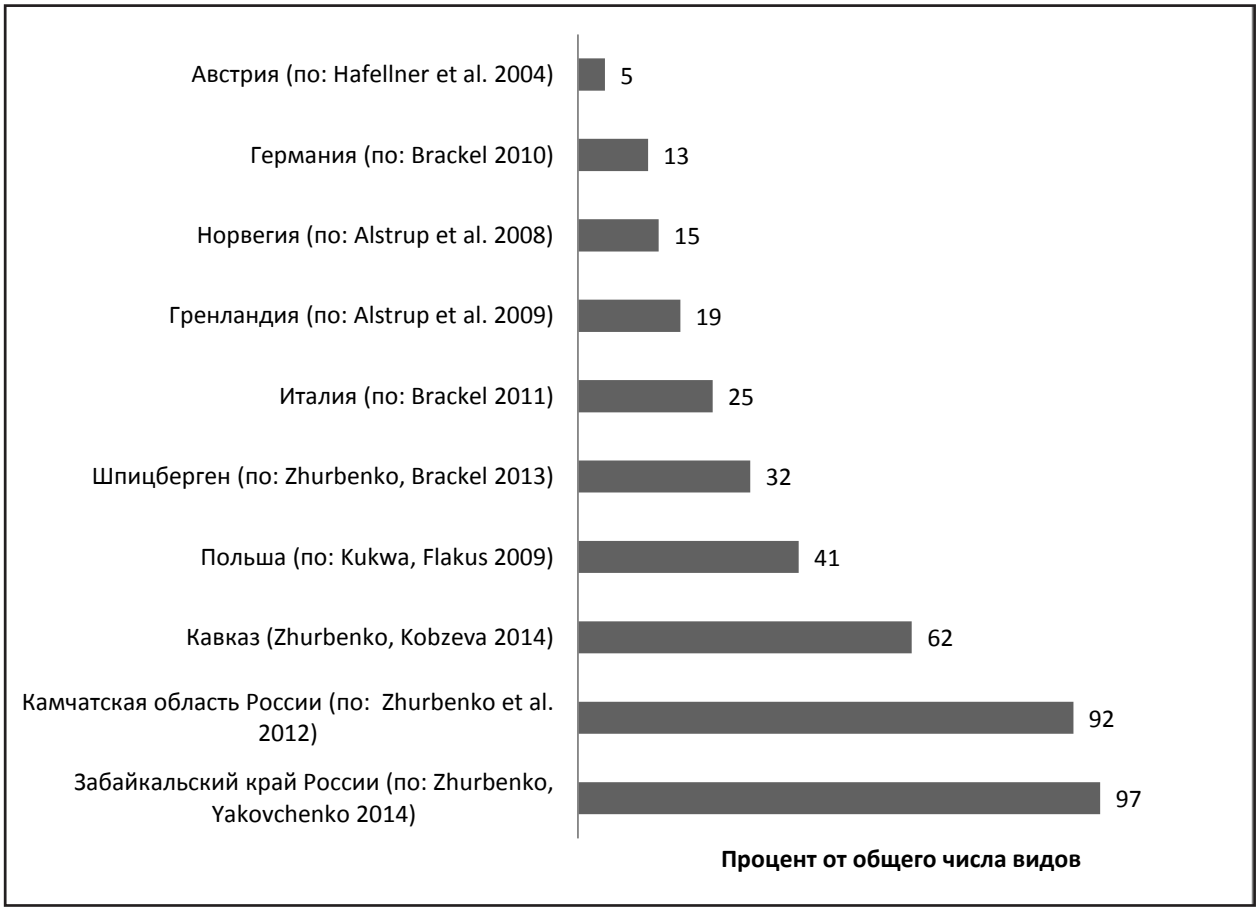


Рисунок 2. Процент видов лихенофильных грибов, новых для различных территорий Евразии, выявленных в ходе современных «флористических» исследований на данных территориях.

peltigerae, Opegrapha anomea, O. rotunda, Polycoccum arnoldii, P. kaernefeltii, Pronectria echinulata, P. santessonii и *Stigmidium xanthoparmeliarum* Hafellner.

Sporidesmiella physconiicola Zhurb., U. Braun & Kobzeva уже описан как новый для науки (Zhurbenko et all., 2015), а еще 4 обнаруженных вида из родов *Cladosporium*¸ *Hainesia, Pronectria* и *Raciborskiomyces,* возможно, также не известны науке. Отметим, что новые виды, выявляющиеся в таких локальных «флористических» исследованиях, подтверждают предположение, что видовое разнообразие этой эколого-трофической группы грибов в целом к настоящему времени выявлено менее чем наполовину (Журбенко, 2010). Сравнение степени географической новизны

современных «флористических» исследований лихенофильных грибов, проводившихся в различных регионах Евразии, показано на рис. 2.

Представленные данные свидетельствуют, что Кавказ (а также многие регионы России) относится к наименее изученным в этом плане территориям Евразии. Это согласуется с предположением, что лихенофильная микобиота Кавказа, в составе которой к настоящему времени известно около 180 видов, выявлена менее чем на 50%, а её истинное видовое богатство должно быть сопоставимо с таковым Альп (457 видов) или Средиземноморской области (458 видов) (Журбенко 2011).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-01031 «Лихенофильные грибы Северо-Западного Кавказа».

Список литературы

1. Леонтьев Д.В. Флористический анализ в микологии. Харьков: Ранок–НТ. 2008: 110 с.
2. Zhurbenko MP, Kobzeva AA. Lichenicolous fungi from Northwest Caucasus, Russia. Herzogia. 2014; 27: 377-96.
3. Zhurbenko MP, Braun U, Heuchert B, Kobzeva AA. Three new lichenicolous hyphomycetes from Asia. Herzogia. 2015; 28 (in press).
4. Журбенко М.П. Лихенофильные грибы российской Арктики. Дисс..… докт. биол. наук. СПб. 2010: 353 с.
5. Alstrup V, Grube M, Motiejūnaitė J, Nordin A, Zhurbenko M. Lichenicolous fungi from the Skibotn area, Troms, Norway. Graphis Scripta. 2008; 20: 1-8.
6. Alstrup V, Kocourková J, Kukwa M et all. The lichens and lichenicolous fungi of South Greenland. Folia Cryptog. Estonica. 2009. Fasc. 46: 1-24.
7. Brackel W. von. Weitere Funde von flechtenbewohnenden Pilzen in Bayern – Beitrage zu einer Checkliste V. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft. 2010; 80: 5-32.
8. Brackel W. von. Lichenicolous fungi and lichens from Puglia and Basilicata (southern Italy). Herzogia. 2011; 24: 65-101.
9. Hafellner J, Kocourková J, Obermayer W. Records of lichenicolous fungi from the northern Schladminger Tauern (Eastern Alps, Austria, Styria). Herzogia. 2004; 17: 59-66.
10. Kukwa M, Flakus A. New or interesting records of lichenicolous fungi from Poland VII. Species mainly from Tatra Mountains. Herzogia. 2009; 22: 191–211.
11. Zhurbenko MP, Brackel W. von. Checklist of lichenicolous fungi and lichenicolous lichens of Svalbard, including new species, new records and revisions. Herzogia. 2013; 26: 323-59.
12. Zhurbenko MP, Yakovchenko LS. A new species, *Sagediopsis vasilyevae*, and other lichenicolous fungi from Zabaikal'skii Territory of Russia, southern Siberia. Folia Cryptog. Estonica. 2014. Fasc. 51: 121-30.
13. Zhurbenko MP, Himelbrant DE, Kuznetsova ES, Stepanchikova IS. Lichenicolous fungi from the Kamchatka Peninsula, Russia. Bryologist. 2012;115: 295-312.
14. Журбенко М.П. Лихенофильная микобиота Российской Арктики: таксономический анализ. Микол. фитопатол. 2011; 45(5): 387-96.

Именной указатель

А

Абдулгамидова С.М. 59
Аветов Н.А. 358
Агеева М.В. 49
Алещенкова З.М. 264
Алиев И.А., ... 169
Андреева И.С., ... 170
Андреева Н.А. 72, 205
Андросова В.И. 327
Аникина Н.А. 302
Анисимова А.В. 161
Анищенко И.Н. 132
Антипова Т.В. 215
Антонова Л.Д. 100
Антропова А.Б. 40
Арашкова А.А. 26, 279
Арзуманян И.С. 62
Аринбасарова А.Ю. 60
Асылбек А.М. 115
Афанасенко О.С. 161
Ахатова А.Р. 54
Ахметова Г.К. 5

Б

Бабкин И.В. 170
Бажанов Д.П. 84
Баранова О.А. 161
Баранцевич Е.П. 193
Бахар Ю.А. 130
Бачурина Г.П. 19
Баширова Р.М 28
Белевич Т.А. 203
Белов Д.А. 173
Белозерская Т.А. 19
Беляева А.И. 342
Биланенко Е.Н. 40
Биланенко Е.Н. 177
Бирюкова Е.Н. 60
Бисько Н.А. 101
Богачева А.В. 167, 175
Бозкурт Х.Дж. 82
Бойко М.И. 281
Бондаренко С.А. 177
Бондарцева М.А. 138
Борисов Б.А. 311
Бубнова Е.Н. 141
Буданова Е.В. 73
Булгаков Т.С. 258
Буркин А.А. 201
Бурханова Г.Ф. 6
Буряк Г.А. 170
Бязров Л.Г. 330, 332, 334

В

Вакараева М.М. 96
Василенко О.В. 17
Венжик А.С. 189
Ветчинкина Е.П. 49
Власов Д.Ю. 41, 193
Волобуев С.В. 147
Волоснова Л.Ф. 342
Вондракова (Меркулова) О.С. 360
Воронин Л.В. 134

Г

Гаджиева Ф.Т. 82
Галанина И.А. 336
Галимзянова Н.Ф. 163
Галиуллин А.Н. 271
Гамалея В.Н. 317
Ганбаров Х.Г. 59
Ганбаров Х.Г. 82
Ганнибал Ф.Б. 24
Гейдаров Н.Ч. 59
Георгиева М.Л. 177
Гесслер Н.Н. 19
Глухова Л.А. 103, 275
Гоголев Ю.В. 49
Головачев Я.А. 320
Головина Т.А. 182
Голохваст К.С. 20
Голубев В.И. 66
Гомжина М. М. 22, 24
Гончарова И.А. 26, 280
Горбунова И.А. 127, 156
Горностаева Е.А. 181
Горшков В.В. 327
Горшков В.Ю. 49
Горюнов Д.В. 203
Горяева О.В. 141
Гофман А.В. 183
Грабенко Е.А. 361
Гребенникова Д.В. 258
Григориади А.С. 288
Григорян К.М. 183
Гринберг М.Л. 302
Гроза Н.В. 45
Гроза Н.В. 19
Громозова Е.Н. 67
Грушевая И.В. 323
Гурбанова С.Ф. 77

Д

Давыдов Е.А. 360
Данилова О.А. 45
Данилогорская А.А. 179
Демешко О.Д. 36
Дениженко А.Г. 280
Дергачёва Д.И. 87
Дерябина Ю.И. 87
Джабраилзаде С.М. 169
Джафаров М.М. 82
Джетигенова У.К. 115
Джунусканова Б.Е. 115
Дишук Н.Г. 286
Дмитренок П.С. 353
Довлетярова Э.А. 232
Домрачева Л.И. 181
Древаль К.Г. 282
Дубовой В.П. 125
Дудка И.А. 132
Дьяков М.Ю. 40

Е

Евдокимова Л.С. 248
Евстратова Е.С. 63
Егоров С.Н. 62
Ерема И.А. 130
Ерофеев В.Т. 302
Есенгулова Б.Ж. 115
Ефремова М.А. 187

Ж

Жахан Н. 115
Жебрак И.С. 130
Желифонова В.П. 215
Желтоножская М.В. 47
Желтоножский В.А. 47
Жемчужина А.И. 125
Жемчужина Н.С. 125
Журбенко М.П. 361

З

Зайцев Г.А. 234
Зайцев Д.В. 301
Зарипова Г.Ф. 57
Заузолкова Н.А. 125
Захарова Е.А. 302
Заярский Д.А. 96
Зотов К.А. 302
Зубкович А.А. 161
Зыкова Ю.Н. 181
Зырина А.Н. 89

И

Ибрагимов Р.И. 28
Ибрагимов Э.А. 169
Иванушкина Н.Е. 18
Иванов А.И. 185
Иванов Д.М. 187
Иванова А.Е. 183, 243
Иванушкина Н.Е 194
Ивницкий С. 320
Ивойлов А.В. 130
Исакова Е.П. 87

К

Казакова М.В. 342
Казарцев И.А. 136, 290
Калюжин В.А. 68
Камзолкина О.В. 30
Камзолкина О.В. 73
Кантерова А.В. 104
Капитонихина О.В. 327
Капитонов В.И. 143
Караев З.О. 77
Касимова Р.И. 54

Катаева М.Н. 190, 342
Качалкин А.В. 189
Кириллов Д.В. 191
Кирцидели И.Ю. 193
Киселева М.И. 125
Кияшко А.А. 361
Кленова Н.А. 246
Кляйн О.И. 32
Кляйн О.И. 250
Кнорре Д.А. 89
Кобзева А.А. 361
Ковалева В.А. 213
Ковригина Л.Н. 144
Козловский А.Г. 215
Колганихина Г.Б. 275
Колосова Е. Д. 196
Колтовая Н.А. 8
Колтунов Е.В. 198
Кондакова Г.В. 338
Кондакова Л.В. 181
Кондратьева В.И. 75 80
Кондрашов А.С. 18
Коновалова О.П. 141, 203
Кононенко Г.П. 201
Кончук А.Г. 323
Конорева Л.А. 342
Константинов А.В. 264
Концевова А.А. 141
Копытина Н.И. 205
Корецкая И.И. 207
Корнейкова М.В. 209
Королева О.В. 32, 250
Короленок Н.В. 264
Костеневич А.А. 84, 280
Костина Н.Е. 255
Коткова В.М. 151
Котлова Е.Р. 43
Кохнюк В.Н. 280
Кочкина Г.А. 17, 194
Крапивина Е.А. 216
Крыленков В.А. 193
Кувшинова Н.М. 220
Кудрявцева О.А. 30, 73
Кузнецов А.А. 290
Кузнецов С.А. 62, 301
Кузьмина Л.Ю. 163
Кулаковская Е.В. 71
Кулаковская Т.В. 72
Куликова Н.А. 32 250
Курагина Н.С. 218
Курбанов А.И. 77
Курочкин С.А. 109, 230
Курченко И.Н. 308
Кушалиева Дж. 219

Л

Лавренова В.Н. 33
Лазарева О.Л. 111
Ландесман Е.О. 250
Ландесман Е.О. 32
Левитин М.М. 223
Левченко М.В. 136
Леднев Г.Р. 136
Лисина Т.О. 225
Литвинова Е.А. 34
Литовка Ю.А. 34, 227
Личко Л.П. 72
Лобанок А.Г. 36
Логачева М.Д. 18, 203
Ломберг М.Л. 101
Лянгузова И.В. 342

М

Мажейка И.С. 30, 73
Мазина С.Е. 141
Макарова А.М. 19
Максимов И.В. 6, 54
Малеева Ю.В. 320
Маленкова А.С. 229
Малыш Ю.М. 136, 323
Маркарян Л.В. 157
Марфенина О.Е. 179, 196, 241
Медведев А.Г. 109, 230
Меденцев А.Г. 60
Мелентьев А.И. 163
Мелькумов Г.М. 113
Мещерякова Е.В. 75
Милютина И.А. 203
Мироненко Н.В. 161
Митина Г.В. 312, 324
Митропольская Н.Ю. 101
Михайлова О.Б. 101
Михайлова Р.В. 36
Михалева Л.Г. 153
Мицкевич А.Г. 26
Мокеева В.Л. 40
Морозова В.В. 170
Мосина Л.В. 232
Мочайло Е.В. 280
Мукминов М.Н. 14
Мурадова С.А. 77
Мустафаев И.М. 159
Мухамедов Р.С. 275
Мухаметова Г.М. 234
Мучник Е.Э. 342
Мысякина И.С. 39
Мялина Л.И. 87

Н

Нагуманов Ш.З. 238
Надеева Г.В. 237
Наконечная Л.Т. 302
Нам Г.А. 115
Нанагюлян С.Г. 159 239, 291
Наумов Г.И. 75, 80
Наумова Е.С. 75, 80
Ндайишимийе Э.В. 14
Нечаева О.В. 96
Никитин Д.А. 241
Никитина В.Е. 49
Никитина З.К. 52
Николаева В.В. 243
Новик Г.И. 104

О

Овсепян В.В. 183
Овчинникова Т.А. 139, 246
Оганесян Е.Х. 159
Оганесян Е.Х. 239
Озерская С.М. 18, 194
Определенцева С.В. 96
Осинцева Л.А. 326
Осипян Л.Л. 245
Осмоловская Н.Г. 41
Остапенко А.В. 262
Остапюк С.Н. 302
Острикова М.Я. 264
Осянин К.А. 14

П

Павличенко А.К. 309
Павлов И.Н. 248
Падкина М.В. 95
Падутов В.Е 264
Памирский И.Э. 20
Пантюхов П.В. 294
Панюков А.Н. 213
Пароникян А.Е. 291
Пауков А.Г. 343
Пельгунова Л.А. 332, 335
Первушин А.Л. 312, 324
Перцовая А.А. 248
Пенин А.А. 18
Петин В.Г. 63
Петрова Е.А. 14
Пивченко Д.В. 250
Пидгерская Л.О. 47
Письменная Ю.Б. 302
Поболь И.Л. 280
Подзорова М.В. 294
Понизовская В.Б. 40, 298
Попов А.А. 294
Попыванов Д.В. 253
Потапова О.П. 220
Потехина Р.М. 271
Предтеченская О.О. 145
Проценко М.А. 253
Пчелкин А.В. 345
Пчелкина Т.А. 345

Р

Рахимова Е.В. 115
Ребриев Ю.А. 117, 165
Ребрикова Н.Л. 40 298
Родичева Т.В. 187
Родникова И.М. 347
Романова Н.Г. 144
Рудая С.П. 317

Рукавицина И.В. 256
Румянцев А.М. 82
Русанов В.А. 117, 258
Рябова А.С. 163
С
Савчук В.В. 155
Сагитов А.О. 136
Садовников Л.В. 47
Сазанова К.В. 41
Сазанова Н.А. 119
Самбук Е.В. 82
Сапунова Л.И. 84
Саргсян М.П. 183
Саркина И.С. 155
Сарычева Л.А. 267
Сафатов А.С. 170
Сафонов М. А. 262
Сафонова Т.И. 260
Сафронова Г.В. 264
Светашева Т.Ю. 121
Свистова И.Д. 207
Свистова И.Д. 220
Северин Ф.Ф. 89
Секова В.Ю. 87
Селиванова М.А. 170
Селочник Н.Н. 269
Семашко Т.В 36
Семёнова С.А. 271
Сеник С.В. 43
Серёдкин И.В. 20
Скирин Ф.В. 353
Скирина И.Ф. 353, 356
Скрябина Э.Г. 87
Смагулова Ш.Б 136
Смирнов А.Н. 300
Смирнов В.Ф. 301
Смирнова О.Н. 301
Соколов С.С. 89
Соколова Т.В. 26
Соловьянова Н.А. 170
Сонина А.В. 355
Сорокин М.И. 89
Сосновская Н.Е. 26
Стрелецкий Р.А. 90
Суббота А.Г. 302
Суетина Ю.Г. 357
Сутормин Р.А. 18
Сырчин С.А. 308
Т
Такиева Ж.М. 115
Тальберг П.И. 141
Тарасова В.Н. 327
Тарасова И. В. 144
Татаренко Д.Е. 16
Терёшина В.М. 45, 87
Тертышная Ю.В. 294
Тикунова Н.В. 170
Тихомирова Е.И. 96
Тихомирова О.М. 92
Тобиас А.В. 22
Токарев Ю.С. 136, 323, 324
Толпышева Т.Ю. 358
Тригубович А.М. 26
Трилисенко Л.В. 72
Тугай А.В. 47
Тугай Т.И. 47
Тухбатова Р.И. 305
Укубаева Д. Г. 262
У
Ульянов В.Ю. 96
Умаров Б.Р. 306
Успанов А.М. 136
Ф
Фаизов Т.Х. 14
Файнерман В.Б. 284
Фархутдинов Р.Г. 315
Феофилова Е.П. 39
Филиппова А.В. 144
Филиппович С.Ю. 19
Фролов А.Н. 323
Х
Хабибуллина Ф.М. 213
Халиллаев Ш.А. 319
Хаммадов Н.И. 14
Харкевич Е.С. 308
Харчук М.С. 67
Хасанов Б.А. 103
Хачева С. И. 149
Храмцов А.К. 106
Храмченкова Р.Х. 305
Ц
Цветков В.О. 28
Цыганков М.А. 95
Ч
Чайка А.В. 284
Чайка В.В. 20
Чемерис О.В. 282
Чердинцев А.А. 128
Чоглокова А.А. 312, 324
Чуенко А.И. 302
Чуркина Г.Н. 256
Ш
Шаповал О.Г. 96
Шафикова В.М. 315
Шахазизян И.В. 239
Шедько А.А. 36
Шеина Н.И. 87
Шеримбетов А.Г. 275
Шеримбетов С.Г. 275
Шилович А.А. 320
Широких А.А. 57, 253
Широких И.Г. 57
Шишкина А.А. 275
Шишконакова Е.А. 358
Шнырева А.А. 12
Шнырева А.В. 12
Шпирная И.А. 28
Штаер О.В. 30, 73
Шуралев Э.А. 14
Шустов М.В. 348, 350
Щ
Щипарёв С.М. 41
Э
Элиазян Г.А. 291
Элоян И.М. 239
Ю
Юрьева Е.М. 308
Я
Яковлева Г.Ю. 237
Яковлева М.Б. 52
Яковлева М.И. 198
Яминский И.В. 62
Януцевич Е.А. 45
Яруллина Л.Г. 28, 54
Яцевич К.К. 84
Яцына А.П. 123

Для заметок

Научное издание

Современная микология в России

Том 4

Главный редактор
Ю.Т. Дьяков

Заместитель главного редактора
Ю.В. Сергеев

Издание
Национальной Академии Микологии
http: //www.mycology.ru

ISBN 978-5-901578-22-3

Компьютерная обработка и печать
ИП «Мильграм A&B»

Подписано в печать 9.04.2015 Формат 60x90/8

Гарнитура Minion. Печать цифровая.

Усл печ. л. 59,5. Тираж 500 экз.