

8. Rajakumar S., Gaskell J., Cullen D., Lobos S., Karahanian E., Vicuna R. Lip-like genes in *Phanerochaete sordida* and *Ceriporiopsis subermispora*, white rot fungi with no detectable lignin peroxidase activity // Applied and Environmental Microbiology. 1996. Vol. 62. P. 2660–2663.

9. Ruttimann-Johnson C., Cullen D., Lamar R. T. Manganese peroxidase of the white rot fungus *Phanerochaete sordida* // Applied and Environmental Microbiology. 1994. Vol. 60. P. 599–605.

10. Volobuev S. V., Okun M. V. Molecular diversity of the *Phanerochaete sordida*–species complex based on ITS sequence data in extratropical Eurasia // Book of Abstracts of the 10th International Mycological Congress. Bangkok, 2014. P. 832.

S. V. Volobuev<sup>1</sup>, M. V. Okun<sup>1</sup>,  
A. V. Ordynets<sup>2</sup>, V. A. Spirin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg

<sup>2</sup>University of Kassel, Germany

<sup>3</sup>University of Helsinki, Finland

e-mail: sergvolobuev@binran.ru

## MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR DIVERSITY OF THE *PHANEROCHAETE SORDIDA* COMPLEX (*POLYPORALES*, *BASIDIOMYCOTA*) IN TEMPERATE EURASIA

**Summary.** Based on a morphological study of more than 70 herbarium specimens (AR, CWU, H, INEP, LE, OHHI, S, TAA, VLA) from temperate Eurasia, the differences (shape and size of basidiospores and hymenial cells, as well as cystidia) between two groups within the *Phanerochaete sordida*

species complex have been revealed. The phylogenetic analysis of ITS sequences shows the presence of the 5 monophyletic lineages with high support values what correlates with morphological, ecological (host preferences) and geographic patterns.

Л. В. Воронин, Т. Ф. Черняковская

Ярославский государственный педагогический  
университет

им. К. Д. Ушинского

г. Ярославль, Россия

e-mail: voroninfuni@mail.ru, chernyakovskaya@inbox.ru

## ГРИБЫ И БАКТЕРИИ НА РАЗЛАГАЮЩИХСЯ РАСТЕНИЯХ В ПРЕСНОВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ БЕЛОМОРСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ

Еще в первом издании «Основ экологии» Ю. Одум высказывал предположение, что «среди сапротрофов бактерии и грибы, населяющие водоем, имеют, вероятно, одинаково важное значение» [6]. Однако до настоящего времени вопрос о роли грибов и бактерий в деструкции растительных субстратов далек от решения. В обзоре [3] рассмотрены имеющиеся, порой противоречивые, основные сведения о пространственном и временном распространении, разнообразии и взаимоотношениях грибов и бактерий, участвующих в разложении отмерших растений в пресноводных экосистемах.

Цель работы – установить основные этапы гетеротрофной сукцессии грибов и бактерий на листовом опаде березы.

Отбор материала производился 23–25 августа 2012 г. на территории Беломорской биостанции МГУ, расположенной в подзоне северной тайги. Изучали малое олиготрофное Водопроводное озеро, имеющее атмосферное питание. Анализировали общую численность и таксономический состав терригенных микромицетов, водных и воздушно-водных гифомицетов, грибоподобных организмов и сапротрофных бактерий гидролитического комплекса на листьях березы (*Betula pubescens* Ehrh.) свежего опада и перезимовавших, отобранных из воды и из

наземной подстилки, а также донные отложения (детрит), сложенный в основном из мелких фрагментов листьев березы.

Для выяснения распространения и обилия (массовости) водных и воздушно-водных гифомицетов и грибоподобных организмов на исследуемых субстратах применяли метод накопительной культуры, а для терригенных микромицетов – посев на агаризованную среду Чапека. Частоту встречаемости водных и воздушно-водных гифомицетов и грибоподобных организмов определяли визуально по балловой оценке в накопительной культуре, а терригенных – по числу колоний на среде Чапека. Рассчитывали индекс значимости (ИЗ) как сумму относительной частоты встречаемости и относительного обилия [8].

Численность бактерий сапротрофного блока и таксономический состав доминирующих групп определяли на плотной питательной среде глюкозо-пептонно-дрожжевой агар, применение которой позволяет учитывать общую численность аэробных или факультативно-анаэробных сапротрофных бактерий, а также проводить дифференцированный учет грамотрицательных неспороносных бактерий, спорообразующих и коринеподобных бактерий [5]. Численность бактерий (обилие) на исследуемых субстратах выражали в количестве колонии образующих единиц (КОЕ) на 1 грамм субстрата.

В наземных условиях при анализе накопительной культуры на свежем опаде было установлено широкое распространение наземных гифомицетов-децидуофилов (*Stachibotrys albipes*, *Spadicesporium* sp., *Drechlera* sp., *Periconia* sp. и др., ИЗ в сумме 1,56), в небольших количествах целомицетов и сумчатых грибов. На среде Чапека на свежем опаде выявлено доминирование дрожжей (ИЗ = 1,13), дрожжеподобного гифомицета *Hormonema dematiuoides* (0,49) и терригенных гифомицетов рода *Cladosporium* (0,18).

При анализе листьев на свежем погруженном опаде в те же сроки методом накопительной культуры установлено, что доминирующее положение занимали водные гифомицеты (*Dactylaria fusiformis* и *D. bacillispora*), ИЗ в сумме 0,93. Кроме того, листья довольно активно были заселены грибоподобными оомицетами

(*Saprolegnia unispora* и *S. eccentrica*), ИЗ в сумме 0,41. Широко был представлен и стерильный бесцветный мицелий, по-видимому, грибов, заселивших листья еще в воздушно-наземной среде и не способных спорулировать в воде. Следует отметить, что в момент отбора проб массового листопада березы еще не наблюдалось. Следовательно, при перенесении листового опада из типичной наземной среды в водную происходит довольно быстрое формирование иного грибного комплекса, включающего водные гифомицеты и грибоподобные оомицеты.

В наземных условиях на «прошлогодных» листьях подстилки в накопительной культуре отмечено продолжение доминирования гифомицетов, но со сменой доминантов. Ведущее положение заняли *Dactylaria* sp. (ИЗ = 0,33), *Cladosporium macrocarpum* (0,17) при наличии стерильных мицелиев и незначительного количества аскомицетов. Посев на среду Чапека выявил доминирование гифомицета *Thysanophora penicilloides* (ИЗ = 0,85) и довольно значимое место *Penicillium* sp. (0,47).

На побуревших и частично фрагментированных листьях опада предшествующего года, отобранных из воды, в накопительной культуре выявлены те же оомицеты (ИЗ = 0,47), гифомицет *Dactylaria* sp. (0,13), но доминирующее положение занимал типичный для озер водный гифомицет *Varicosporium elodeae* (0,48). Он занимает доминирующее положение в пионерных комплексах погруженного листового опада в олиготрофных и дистрофных озерах как тундры, так и более южных широт [2]. На прошлогоднем опаде широко представлены стерильные темноокрашенные мицелии (ИЗ = 0,67). Вероятнее всего, они представляют собой, согласно М. Дику [2], активные терригенные интродуценты. Таким образом, анализ накопительной культуры показал, что за год на погруженном опаде произошли незначительные изменения: ведущее положение продолжали занимать водные гифомицеты, а кроме того, получили развитие терригенные виды, но по причине отсутствия их спороношения в водной среде их не следует считать активными деструкторами.

Анализ детрита (на среде Чапека), в образовании которого немалую роль играют листья березы, показал доминирование гифомицета

*Geotrichum pannorum* (ИЗ = 0,68), стерильного темноокрашенного мицелия со склероциями (0,45) и *Aureobasidium pullulans* var. *melanigenum* (0,40). Кроме того, выявлены терригенные гифомицеты, для которых известна их способность к активному росту и спорообразованию в водной среде: *Phialophora fastigiata* (0,20), *Ph. alba* (0,09), *Trichoderma viride* (0,09). Эти данные подтверждают отмечаемые факты отсутствия типично водных грибов в илах и детрите.

Распределение, численность (обилие) и таксономический состав доминирующих групп бактерий изучали на тех же субстратах и в то же время, что и грибы.

В наземных условиях наблюдали увеличение численности бактерий на один порядок при переходе от свежего опада к прошлогоднему  $1,5 \times 10^6$  и  $1,2 \times 10^7$  КОЕ/г соответственно. При этом на свежем опаде доминировали протеобактерии родов *Pseudomonas* и *Flavobacterium*, относящиеся к группе копитрофов, питающиеся прижизненными выделениями растений. В качестве минорных компонентов присутствовали скользящие бактерии р. *Cytophaga* и актинобактерии р. *Promicromonospora*, обладающие гидролитическими ферментами, обнаружены также эврибионты, связанные с растениями, актинобактерии р.р. *Arthrobacter* и *Micrococcus*.

В перезимовавшем опаде, помимо протеобактерий р. *Pseudomonas*, обнаружены спорообразующие бактерии р. *Bacillus*, способные расщеплять межклеточные вещества растений и утилизировать крахмал, пектин, гемицеллюлозы. Минорными компонентами были представители р. *Arthrobacter* и некоторые другие актинобактерии.

Очевидно, что в наземных условиях в течение года наблюдалась сукцессия прокариот, сопровождающаяся увеличением доли бактерий с гидролитическими свойствами, на фоне уменьшения обилия копитрофов – протеобактерий *Pseudomonas* и *Flavobacterium*.

Численность бактерий на погруженном листовом опаде составляла  $1,12 \times 10^6$  КОЕ/г. На листовом опаде березы, поступившем в водоем, происходит изменение структуры прокариотного комплекса. Доминируют протеобактерии р. *Cytophaga*, активные разлагатели целлюлозы и сопряженных с ней субстратов [4] и р. *Flavobacterium*. В структуре комплекса

обнаружены также бактерии р. *Caulobacter*, характерные обитатели водной среды, и минорные компоненты, в том числе актинобактерии р. *Micrococcus*.

Обилие бактерий в прибрежном детрите было на два порядка меньше, чем на погруженном опаде –  $8,6 \times 10^4$  КОЕ/г. Здесь доминировали грамположительные спорообразующие бактерии *Bacillus* и *Clostridium*.

Таким образом, в наземных условиях свежий листовой опад колонизирован эккриотрофами: дрожжами и протеобактериями родов *Pseudomonas* и *Flavobacterium*, но также происходит заселение субстрата активными гидролитами – гифомицетами. Бактерии с гидролитическими свойствами представлены в этот период лишь минорными компонентами. Со временем дрожжи вытесняются гифомицетами, известными как активные гидролитики в лесных подстилках *Thysanophora penicilloides* и *Penicillium* sp. [1], разнообразие гифомицетов снижается. Значительную долю в прокариотном комплексе опада занимают бактерии р. *Bacillus*, обладающие гидролитическими свойствами, но не способные разрушать целлюлозу [4].

В водной среде листья заселяются водными гифомицетами и оомицетами, а значение заселившихся в воздушно-наземных условиях грибов снижается. Структура прокариотного комплекса также претерпевает изменения. Доминируют протеобактерии *Cytophaga* – активные гидролитики, способные разрушать целлюлозу, и *Flavobacterium*, широко распространенные в почве и воде, использующие простые органические соединения [4, 7].

В прибрежном детрите доминируют дрожжеподобные грибы *Geotrichum pannorum*, *Aureobasidium pullulans* и грамположительные спорообразующие бактерии *Bacillus* и *Clostridium*. Эти организмы активными гидролитами не являются.

Полученные результаты позволяют высказать предположение, что в олиготрофных пресноводных экосистемах деструкцию мортмассы растений осуществляют и бактерии, и грибы. При попадании аллохтонного растительного материала в водоем происходит изменение структуры мико-бактериального комплекса.

### Список литературы

1. Борисова В. Н. Гифомицеты лесной подстилки в различных экосистемах. Киев: Наук. Думка, 1988. 252 с.
2. Воронин Л. В. Микобиота малых озер тундровой и лесной зон. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2010. 156 с.
3. Воронин Л. В., Черняковская Т. Ф. Грибная и бактериальная деструкция отмерших растений в пресноводных экосистемах // Ярослав. пед. вестн. 2012. № 3. Т. 3. С. 102–109.
4. Добровольская Т. Г. Структура бактериального сообщества почв. М.: ИКЦ «Академ-книга», 2002. 282 с.
5. Лысак Л. В., Добровольская Т. Г., Скворцова И. Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв. М.: МАКС Пресс, 2003. 120 с.
6. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
7. Определитель бактерий Берджи. М.: Мир, 1997. Т. 1. 436 с. ; Т. 2. 362 с.
8. Suberkropp K., Klug M.J. Fungi and bacteria associated with leaves during processing in a woodland stream // Ecology. 1976. Vol. 57, № 4. P. 707–719.

L. V. Voronin, T. F. Chernyakovskaya

Yaroslavl State Pedagogical University named  
by K. D. Ushinsky, Yaroslavl

e-mail: voroninfuni@mail.ru, chernyakovskaya@inbox.ru

### FUNGI AND BACTERIA ON DECOMPOSING PLANTS IN FRESHWATER ECOSYSTEM OF BELOMORSKAYA BIOSTATION MSU

**Summary.** Distribution and taxonomic groups of fungi and bacteria on *Betula* leaves in freshwater lake and land conditions are regard. The principal aspects of heterotrophic succession are consider.

Л. В. Гагарина

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН  
г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: kvercus@yandex.ru

### ЭПИЛИТНЫЙ ЛИШАЙНИК *GYALECTA JENENSIS* (BATSCH) ZAHNBR. В РОССИИ\*

Эпилитный лишайник *Gyalecta jenensis* (Batsch) Zahnbr. относится к семейству Gyalectaceae Stizenb. порядка Ostropales Nannf. Ниже приводится таксономическое описание вида, сравнение с близкими видами, особенности экологии и распространения. Описание составлено на основе изучения типовых образцов, гербарных образцов и литературных данных автором.

#### Описание вида *Gyalecta jenensis*

Таллом накипной, гомеомерный, погруженный или полупогруженный, тонкий (до 0,2 мм толщ.), реже – толще, распростертый, цельный или трещиноватый, матовый, гладкий или мелкозернистый, без налета, бело-серый или серо-зеленоватый. Гифы многочисленные, членистые, 1,5–2,5 мкм толщ. Гипоталлом выра-

жен, белый, обычно плохо заметен. Фотобионт *Trentepohlia*, клетки шаровидные, 10–20 мкм в диам., оболочки клеток 1,5–2 мкм толщ. Апотеции многочисленные, рассеянные или скученные, сидячие, округлой формы, 0,3–2 мм в диам., у основания суженные. Слоевищный край не выражен. Собственный край апотеция хорошо выражен, постоянный, толстый, цельный или потрескавшийся, бугорчатый или городчатый, бледно-оранжевый или светло-серый. Диск вогнутый, с возрастом иногда становится плоским, матовый или блестящий, без налета, светло-оранжевый. На СЭМ поверхность диска без воскового налета, верхушки парафиз кратеровидной формы. Эксципул хорошо развит, параплектенхимный, однородный, бесцветный, 100–180 мкм шир., под гипо-