

УДК 582. 288:631.466. 1/2

Ф.М. Хабибуллина, Т.А. Творожникова

Хабибуллина Флюза Мубаракновна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Московский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, докторант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет около 80 печатных работ в области микологии и фитопатологии.



Творожникова Татьяна Александровна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Сыктывкарский государственный университет, аспирант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 2 печатные работы в области ботаники, экологии.



**РОЛЬ МИКРОМИЦЕТОВ В ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ
В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНОМ
СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ**

Изучены качественные характеристики микобиоты и ее количественные показатели в растительном опаде и органогенном горизонте подзолистых почв зеленомошных лесов средней подзоны тайги. Установлена динамика состава микобиоты и общей заселенности грибами в ходе минерализации опада.

Ключевые слова: микромицеты, гифомицеты, деструкторы, целлюлозолитики, олиготрофы, сахаролитики, сукцессия.

Одним из свойств лесных биогеоценозов является ежегодный опад органических остатков древесных пород на поверхность почвы. Среди элементов лесного опада наибольшее количество зольных веществ и энергетического материала для обитателей лесных почв содержат листья и хвоя, составляя одно из основных звеньев в постоянном обмене питательных веществ в этих почвах [6].

В различных типах леса опад содержит разное количество органических веществ: в ельниках – до 5,85; в сосняках – до 3,96; в дубравах – до 3,5 т/га. Кислотность опада листьев и хвои также неодинакова, наибольшая в ельниках. Опад тем кислее, чем меньше в нем нейтрализующих зольных элементов, особенно кальция.

Скорость разложения опада и подстилки зависит от содержания в них продуктов обмена растений, фитонцидов и пр., токсических для многих микроорганизмов [3, 6, 13]. Процессы распада сложных органических веществ биологического происхождения, таких как клетчатка и лигнин, представляют собой одну из важных проблем биологии и почвоведения. Эти вещества являются главными составными частями растительного опада и древесины, и от их разложения зависит круговорот соединений углерода в природе [8]. Биогенная деструкция растительного опада осуществляется в детритном блоке с помощью специфических ферментов сапротрофными организмами. Первичными колонизаторами опада в лесных биогеоценозах являются грибы. По сравнению с бактериями они обладают более мощным

ферментным аппаратом, разнообразными физиологическими функциями, крайне экономным обменом веществ, что дает им возможность с наибольшей эффективностью использовать самые различные субстраты [3]. Грибы – активные разрушители целлюлозы и единственные деструкторы лигнина, что представляет собой уникальное явление; разлагая также и клетчатку, они активно участвуют в изменении растительного опада.

Почвенные грибы обладают рядом адаптивных особенностей, позволяющих успешно осуществлять деструкцию органического вещества. К основным из них относятся: мощный и разнообразный ферментативный аппарат, участвующий в снятии фенольного «барьера» трудноразлагающихся компонентов опада [4]; высокая радиальная скорость роста, позволяющая осуществлять как локальное, так и пространственное заселение органических субстратов [7]; способность утилизировать трудноминерализуемые вещества при низких температурах, вплоть до отрицательных. Перечисленные характеристики очень актуальны для почв Севера и в ряде случаев делают грибы основными деструкторами растительного опада [4, 11].

Несмотря на то, что гифомицеты, обитающие на опавших листьях и хвое, играют важную роль в образовании и разложении лесной подстилки, влияя на долготеление и уровень производительности лесных биогеоценозов, их место и роль в различных экосистемах изучены недостаточно.

Цель настоящей работы – выявить состав и количество микроорганизмов, участвующих в разложении опада древесного яруса в лесной экосистеме среднетаежной зоны Республики Коми, определить микобиоту в органогенном слое, а также рассмотреть сезонную сукцессию микромицетов, минерализующих растительные остатки.

Исследования проводили в течение 2002–2004 гг. на стационарном участке лаборатории проблем природовосстановления, который расположен в 17 км к юго-западу от г. Сыктывкара, в верхней части пологого склона водораздельного возвышения, в 50 м от автодороги. Леса близ города нарушены, широко развиты мелколиственные и смешанные насаждения. Одна из площадок представляет собой коренной ельник чернично-зеленомошный, который расположен на вершине межручейного холма высотой около 1 м. Состав древостоя 6Е2Б2Ос, возраст 110 ... 130 лет. В подлеске рябина, жимолость, ольха; в подросте пихта, ель. В напочвенном покрове преобладают гипновые мхи, встречаются земляника, седмичник, костяника, хвощ.

Почва подзолистая легкосуглинистая на среднесуглинистом покровном суглинке. В данном сообществе изучали микобиоту растительного опада и органогенного слоя почвы. Образцы опада закладывали осенью 2002 г. и отбирали поэтапно: весной 2003, осенью 2003 и весной 2004 г. в трех повторностях. Пробы почвы отбирали в весенний и осенний периоды 2004 г. также в трех повторностях. Микробиологический анализ образцов проводили общепринятыми методами [1, 2, 5]. Микромицеты идентифицировали по определителям различных таксономических групп грибов. При статистической обработке полученных данных использовали коэффициент Сьеренсена-Чекановского.

Основное внимание нами было направлено на изучение сукцессионного изменения видового состава микромицетов в ходе разложения опада. Всего выделено 35 видов микромицетов, относящихся к двум классам: *Hyphomycetes* и *Zygomycetes*. Как видно из табл. 1, в разлагающемся опаде ельника в течение весны 2003 г. выделены грибы родов *Aspergillus* (3 вида), *Penicillium* (2 вида) и виды *Geomyces pannorum*, *Torula herbarum*, *Nigrospora gossypii*, колонии *Mycelia sterilia*. При этом наиболее обильны роды *Torula* (81 %) и *Geomyces* (12 %), являющиеся основными лигнинразрушающими грибами [8]. В последующий период осени 2003 г. максимального обилия достигает род *Aspergillus* (25 %) и уменьшается обилие рода *Torula* до 19 %. Также обильны роды *Geomyces* и *Mycelia sterilia* (по 19 %). Кроме того, появляются роды *Trichoderma*, *Diheterospora*, наблюдается большее видовое разнообразие рода *Penicillium*. Весной 2004 г. максимальное обилие наблюдается у рода *Geomyces* (73 %), увеличивается обилие *Penicillium* до 16 %. Появляются виды рода *Mucor* (5 видов). Основными доминантами в разлагающемся опаде являются *Aspergillus ochraceus*, *Geomyces pannorum*, *Mycelia sterilia*, *Torula herbarum*.

Таблица 1

**Сукцессионные изменения видового состава микромицетов
в ходе разложения опада с осени 2002 г. по весну 2004 г.**

Вид грибов	Весна 2003 г.	Осень 2003 г.	Весна 2004 г.
Отдел <i>Zygomycota</i>			
Класс <i>Zygomycetes</i>			
Порядок <i>Mucorales</i>			
Сем. <i>Mucoraceae</i>			
<i>Mucor</i> sp.	-	-	+
<i>M. circinelloides</i> Tiegh.	-	-	+
<i>M. pusillus</i> Hagem	-	-	+
<i>M. plumbeus</i> Bonord.	-	-	+
<i>M. globosus</i> A. Fischer	-	-	+
<i>M. hiemalis</i> Rifai Wehmer	-	-	+
Отдел <i>Deuteromycota</i>			
Класс <i>Hyphomycetes</i>			
Порядок <i>Hyphomycetales</i>			
Сем. <i>Moniliaceae</i>			
<i>Aspergillus</i> sp.	+	-	-
<i>A. niger</i> Tiegh.	+	-	-
<i>A. ochraceus</i> Wilhelm	+	+	+
<i>Cephalosporium</i> sp.	-	-	+
<i>Diheterospora catenulate</i> Kamyschko	-	+	-
<i>Geomyces meridianum</i> (Link) Carm.	-	+	-
<i>G. pannorum</i> (Huges) v. Oorshr.	+	+	+
<i>Nigrospora gossypii</i> Jaczewski	+	-	-
<i>Paecilomyces farinosus</i> (Holm) Brown et Smith	-	-	+

Окончание табл. 1

Вид грибов	Весна 2003 г.	Осень 2003 г.	Весна 2004 г.
<i>Penicillium</i> sp. 1	+	-	-
<i>P.</i> sp. 2	-	+	-
<i>P.</i> sp. 3	-	-	+
<i>P. albo-cinereascens</i> Chalabuda	-	-	+
<i>P. camemberti</i> Thom	+	-	-
<i>P. baradicum</i> Baghdadi	-	-	+
<i>P. cyclopium</i> Westl.	-	-	+
<i>P. expansum</i> Link	-	-	+
<i>P. kurssanovii</i> Chalabuda	-	-	+
<i>P. lanosum</i> Westl.	-	+	-
<i>P. simplicissimum</i> (Oud.) Thom	-	+	-
<i>P. purpurogenum</i> Stoll	-	+	-
<i>P. radulatum</i> Smith	-	-	+
<i>Rhinocladium</i> sp.	-	+	-
<i>Trichoderma album</i> Preuss	-	-	+
<i>T. fasciculatum</i> Bissett	-	+	-
<i>T. polysporum</i> (Link: Fr.) Rifai	-	+	-
<i>Torula herbarum</i> Link ex Fries	+	+	+
Сем. <i>Dematiaceae</i>			
<i>Cladosporium herbarum</i> (Persoon) Link ex Fries	-	-	+
Порядок <i>Mycelia sterilia</i>			
<i>Mycelia sterilia</i> (Basidiomyc.)	+	+	+
<i>M. sterilia</i> (Mucedin.)	+	+	+
<i>M. sterilia</i> (Dematiac.)	+	+	+

Кроме грибов в разложении опада большую роль играют разные физиологические, эколого-трофические группы микроорганизмов. Весной количество аммонификаторов преобладает над количеством нитрификаторов, т.е. активно потребляется органическая форма азота, а минеральный азот используется незначительно и коэффициент минерализации невелик. Поэтому ранней весной разложение опада составляет всего 17 %. За лето количество аммонификаторов уменьшилось, так как разложилась большая часть органики, и увеличилась доля нитрификаторов, происходит минерализация органического азота. Остатки органики подвергаются дальнейшему разложению, и процент минерализации снижается к весне следующего года, в то же время уменьшается и количество аммонификаторов, процент разложения опада составляет уже 36. Так как в опаде много легкодоступных, используемых сахаролитическими микроорганизмами органических веществ, максимум их развития наблюдается весной и далее существенно снижается. Количество целлюлозолитических микроорганизмов незначительно в начальные периоды разложения и максимума достигает в последний период,

т. е. весной 2004 г., что подтверждается и высоким обилием доминирующего вида-целлюлозолитика *Geomyces pannorum*.

Таким образом, в разлагающемся опаде ельника наблюдается значительное увеличение численности аммонифицирующих и сахаролитических микроорганизмов в весенний период и олиготрофных и нитрифицирующих – в осенний.

Таблица 2

Сукцессионные изменения видового состава микромицетов в образцах почвы

Вид грибов	Весенняя проба	Осенняя проба
Отдел <i>Zygomycota</i>		
Класс <i>Zygomycetes</i>		
Порядок <i>Mucorales</i>		
Сем. <i>Mucoraceae</i>		
<i>Mucor circinelloides</i> Tiegh.	-	+
Сем. <i>Mortierellaceae</i>		
<i>Mortierella vinaceae</i> Dixon-Stewart	-	+
<i>M. ramanniana</i> (Moller) Linnem	+	+
Отдел <i>Deuteromycota</i>		
Класс <i>Hyphomycetes</i>		
Порядок <i>Hyphomycetales</i>		
Сем. <i>Moniliaceae</i>		
<i>Geomyces pannorum</i> Huges	+	-
<i>Paecilomyces carneus</i> (Duche et Heim) Brown et G. Sm.	-	+
<i>P. lilacinus</i> (Thom) Samson	+	+
<i>Penicillium decumbens</i> Thom	-	+
<i>P. expansum</i> Link	-	+
<i>P. implicatum</i> Biourge	+	-
<i>P. jensenii</i> Zaleski	+	+
<i>P. kapuscinskii</i> Zaleski	+	-
<i>P. kurssanovii</i> Chalabuda	+	+
<i>P. waksmanii</i> Zaleski	-	+
<i>Rhinocladium</i> sp.	+	-
<i>Trichoderma</i> sp.	+	-
<i>T. koningii</i> Oudemans	-	+
<i>T. lignorum</i> (Tode) Harz	+	-
Сем. <i>Dematiaceae</i>		
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen) de Vries	+	-
<i>C. herbarum</i> (Persoon) Link ex Fries	+	-
Порядок <i>Tuberculariales</i>		
Сем. <i>Tuberculariaceae</i>		
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht. ex Fries	-	+
Порядок <i>Mycelia sterilia</i>		
<i>Mycelia sterilia</i> (Basidiomyc.)	+	+
<i>M. sterilia</i> (Mucedin.)	+	+
<i>M. sterilia</i> (Dematiac.)	+	+

В результате разложения и минерализации опада питательные вещества поступают в почву, активизируя микробиологические процессы. В органогенном слое наблюдается наибольшее количество аммонификаторов и нитрификаторов в осенний период, но процент минерализации в обоих случаях остается низким. По сравнению с опадом количество микроорганизмов на всех питательных средах значительно меньше, что вызвано снижением доли органических веществ в почве. Максимум сахаролитических микроорганизмов наблюдается осенью, когда в почву поступает большое количество органики вместе в опадом. Целлюлозолитические микроорганизмы представлены в незначительном количестве, в основном бактериями и актиномицетами.

При исследовании образцов почвы выделено 23 вида микромицетов из 11 родов 5 семейств 2 классов: *Zygomycetes* и *Hyphomycetes* (табл. 2). Преобладают виды родов *Penicillium*, *Trichoderma*, составляющие наиболее многочисленную группу плесневых грибов в подзолистых почвах [1, 6, 7]. В весенней пробе почвы присутствуют виды родов *Mortierella*, *Penicillium* (4 вида), *Rhinocladium*, *Geomyces*, *Trichoderma* (2 вида), *Cladosporium* (2 вида). В осенний период появляются виды родов *Mucor*, *Mortierella*, *Paecilomyces* (2 вида), *Fusarium*.

В весенний период в почве ельника широко представлены роды *Mortierella*, *Penicillium*, в осенний их обилие уменьшается, наибольшее развитие получает *Mycelia sterilia*. Также обилен род *Fusarium*, обладающий целлюлозолитической и пектинолитической активностью [8]. Среди доминирующих видов почвы ельника обнаружены *Mortierella ramanniana*, *Paecilomyces lilacinus*, *Penicillium jensenii*, *Mycelia sterilia*, причем только в подзолистых почвах отмечен первый вид, характерный для лесных и тундровых почв [8, 10].

Преобладание видов родов *Mortierella* и *Penicillium* в весенний период и представителей порядка *Mycelia sterilia* в осенний, вероятно, связано с ухудшением условий осенью и, как следствие, увеличением доли стерильного мицелия, который развивается в основном в северных почвах.

Таким образом, в почве ельника наблюдается увеличение аммонифицирующих, олиготрофных и сахаролитических микроорганизмов в осенний период и нитрифицирующих – в весенний.

При сравнении видового состава микромицетов в опаде и органогенном слое почвы с помощью коэффициента Сьеренсена-Чекановского наблюдается незначительное сходство (19 %).

Выводы

В ельнике чернично-зеленомошном в весенний период идет наиболее активное разложение опада, о чем говорит количественный и качественный состав микроорганизмов, участвующих в деструкции растительных остатков. В выделенной микобиоте по численности и видовому разнообразию преобладают пенициллы и триходермы (которые известны как грибы, разрушающие клетчатку) [12], часто встречаются стерильные формы, имеются светло- и темноокрашенные гифомицеты. Среди целлюлозолитиков абсо-

лютым доминантом является *Geotyces pannorum* [9]. При переходе от подстилки к органогенному слою резко уменьшается численность микроорганизмов, обедняется видовой состав микромицетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аникеев, В.В.* Руководство к практическим занятиям по микробиологии [Текст] / В.В. Аникеев, К.А. Лукомская. – М.: Просвещение, 1977. – С. 66–80.
2. *Аристовская, Т.В.* Микробиология подзолистых почв [Текст] / Т.В. Аристовская. – М.: Наука, 1965. – 345 с.
3. *Борисова, В.Н.* Гифомицеты листовного опада [Текст] / В.Н. Борисова // Микромицеты почв / под общ. ред. В.И. Билай. – Киев: Наук. думка, 1984. – С. 155–180.
4. *Гришкан, И.Б.* Микобиота и биологическая активность почв верховий Колымы [Текст] / И.Б. Гришкан. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 136 с. – (Биологические проблемы Севера).
5. *Добровольская, Т.Г.* Структура бактериальных сообществ почв [Текст] / Т.Г. Добровольская. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 282 с.
6. *Зонн, С.В.* Почвы как компонент лесного биогеоценоза [Текст] / С.В. Зонн // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – С. 372–454.
7. *Марфенина, О.Е.* Антропогенная экология почвенных грибов [Текст] / О.Е. Марфенина. – М.: Медицина для всех, 2005. – 196 с.
8. *Мирчинк, Т.Г.* Почвенная микология [Текст] / Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, 1976. – 206 с.
9. Посттехногенные экосистемы Севера [Текст]. – СПб.: Наука, 2002. – 159 с.
10. *Стенина, Т.А.* Микробиологическая характеристика некоторых почв Коми АССР [Текст] / Т.А. Стенина // Изв. Коми филиала Всесоюз. геогр. общ-ва. – Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1964. – № 9. – С. 38–48.
11. *Хабибуллина, Ф.М.* Почвенные микромицеты ельника чернично-зеленомошного средней тайги [Текст] / Ф.М. Хабибуллина // Лесоведение. – 2001. – № 1. – С. 43–48.
12. *Частухин, В.Я.* Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе [Текст] / В.Я. Частухин. – Л., 1969. – 326 с.
13. *Harrison, A.F.* The inhibitory effect of oak leaf litter lannins on the growth of fungi, in relation to litter decomposition [Text] / A.F. Harrison // Soil Biol. and Biochem. – 1971. – 3. – P. 167–172.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Поступила 29.05.06

F.M. Khabibullina, T.A. Tvorozhnikova

Role of Micromycets in Transformation of Plant Residues in Bilberry-moss Spruce Forests of Middle Taiga

Qualitative characteristics of micobiota are studied as well as its quantitative parameters in the plant waste and organogenic horizon of podzolic soils in green-moss forests of the middle taiga subzone. The micobiota composition dynamics as well as general fungi population are established in the course of waste mineralization.