

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В МЕРЗЛОТНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ БУГРИСТЫХ БОЛОТ ЛЕСОТУНДРЫ

Е.М. Лаптева, В.А. Ковалева, Ю.А. Виноградова, Д.А. Каверин, А.В. Пастухов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар
E-mail: lapteva@ib.komisc.ru

Аннотация: Дана характеристика комплекса микромицетов, представленных в сезонно-талых слоях торфяных почв мерзлотных бугристых болот лесотундры. Составлен таксономический список микромицетов. На данный момент он включает 15 видов микроскопических грибов из восьми родов (в том числе две формы стерильного мицелия). Выявлены доминирующие виды, установлены особенности пространственного и внутривидового распределения видового разнообразия микроскопических грибов в пределах сезонно-талых слоев деградирующего торфяного бугра. Показана необходимость подбора дополнительных сред и условий для выявления и выделения психрофильных микромицетов, составляющих основу микромицетного комплекса торфяных почв мерзлотных бугристых болот лесотундры.

Ключевые слова: криолитозона, бугристые болота, торфяные почвы, сезонно-талый слой, многолетняя мерзлота, микроскопические грибы

Введение

В настоящее время интересы многих исследователей обращены в сторону Арктической зоны. Это обусловлено не только тем, что в начале XXI в. началось активное промышленное освоение ее территории, но и тем, что природная среда Арктики продолжает сохранять статус недостаточно исследованной, особенно в части оценки разнообразия и специфики функционирования биоты в тундровых почвах. Несмотря на жесткие климатические условия, почвенный покров Арктической зоны весьма разнообразен. Это определяет большой спектр экологических условий, обеспечивающих разнообразие не только растительного покрова, но и почвенной биоты.

В Воркутинском районе Республики Коми, который включен в состав Арктической зоны России, планомерные исследования почв были начаты еще в середине прошлого столетия (Забоева, 2014; Лаптева, 2016). Однако изучению их микробиоты и особенно сообществ микроорганизмов, формирующихся и функционирующих в почвах экотонной полосы «тундра–тайга» (лесотундры), исследователи уделяли существенно меньше внимания. В то же время именно почвы лесотундры и, в первую очередь, почвы мерзлотных бугристо-мочажинных комплексов – островков многолетней мерзлоты на южном пределе криолитозоны, – являются компонентами экосистем, от которых в первую очередь следует ожидать активного отклика на климатические изменения (Пастухов, 2016). С трендами температур воздуха тесно связаны либо активизация, либо подавление жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в деструкции почвенного органического вещества, основные запасы которого в тундровой зоне сосредоточены в торфяных почвах болотных экосистем (Пастухов, 2013). Комплекс микроскопических грибов в почвах различных ландшафтов тундровой и таежной зон Республики Коми исследован сравнительно неплохо (Хабибуллина,

2009, 2014а, б; Biodiversity..., 2016). Торфяные почвы бугристых мерзлотных болот лесотундры в этом отношении не изучены, что и предопределило цель данной работы.

Объект и методы исследования

Исследования проводили в Воркутинском районе Республики Коми (МО ГО «Воркута») в бассейне р. Сейда (рис. 1). Территориально данный регион приурочен к подзоне северной лесотундры, зоне распространения массивно-островной мерзлоты. Его детальная характеристика приведена в ряде работ (Каверин, 2013, 2015; Строеное и свойства..., 2016).

Непосредственным объектом исследования послужили почвы бугристо-мочажинного комплекса (плоскобугристого болота), занимающего древнюю озерную котловину. В пределах бугров мощность торфяных отложений составляет около 250 см, в мочажинах – до 170-190 см. Мерзлота в торфяных буграх залегает на глубине 40-60 см, в мочажинах – за пределами метровой толщи торфа. Поверхность торфяных бугров имеет участки, лишенные растительного покрова – оголенные торфяные пятна. Это свидетельствует как о реликтовом характере бугров, так и их деградации в условиях современного климата под влиянием ветровой эрозии и морозного пучения (Каверин, 2013; Строеное и свойства..., 2016). Торфяные пятна, образующиеся на поверхности торфяных бугров в мерзлых болотах субарктической зоны европейского Северо-Востока и Сибири, в последнее время привлекают внимание многих исследователей (Large N₂O emissions..., 2009; Почвы торфяных..., 2016), поскольку их генезис и свойства торфа в пределах сезонно-талого слоя (СТС) пятен остаются слабо изученными.

При изучении микромицетного комплекса почв торфяных бугров нами исследованы три основные зоны: 1) оголенное торфяное пятно, лишенное растительного покрова; 2) краевая зона пят-

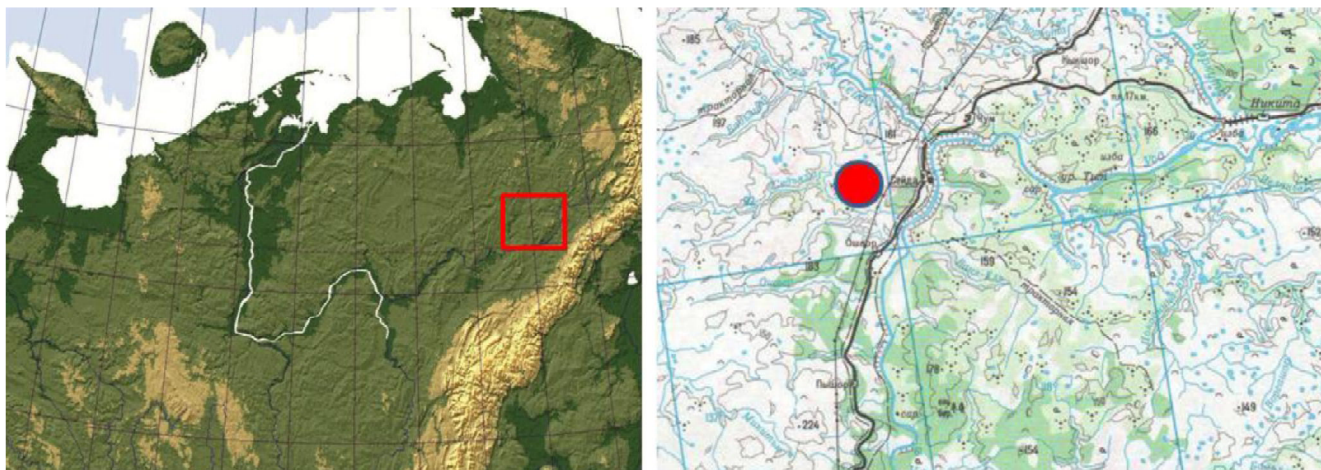


Рис. 1. Местоположение объекта исследования.

на, зарастающая мхами и лишайниками; 3) склон торфяного бугра с хорошо развитой кустарничково-моховой растительностью (рис. 2). В краевой зоне пятна кустарничковый ярус слагают *Betula nana* L., *Empetrum hermaphroditum* L., *Rubus chamaemorus* L. при участии *Ledum palustre* L., доминантами напочвенного покрова являются лишайники из рода *Cladonia* и зеленые мхи родов *Dicranum*, *Polytricum*. На склоне бугра ведущие позиции занимают соответственно *Ledum palustre* и сфагновые мхи.

Пробы торфа для изучения видового разнообразия микромицетов отбирали в августе 2012 г. на всю глубину СТС послойно (0-10, 10-25 и 25-40 см) с соблюдением стерильности. Микроскопические грибы выделяли в лабораторных условиях методом посева почвенных вытяжек на среде Гетчинсона и подкисленную среду Чапека (рН 4.5). Таксономическую принадлежность микро-

мицетов идентифицировали после перевода их в чистые культуры с использованием современных определителей, интерактивных «ключей» и информационного сайта интернет-ресурсов (<http://www.indexfungarum.org>). Характеристика комплекса микроскопических грибов дана на основе таких показателей, как обилие, частота встречаемости, коэффициент сходства Сьеренсена-Чекановского (Кураков, 2001).

Количественный химический анализ почв выполнен в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Величину кислотности почв определяли потенциометрически в водной (рН_{Н₂О}) и солевой (рН_{КCl}) вытяжках. Массовую долю органического углерода (С_{общ.}) и общего азота (N_{общ.}) – на CHNS-элементном анализаторе EA 1110 (CarloErba, Италия); обменные катионы – по Гедройцу с вытеснением 1 н NH₄Cl и последующим атомно-эмиссионным определением на спектрометре ICP Spectro Ciros CCD.

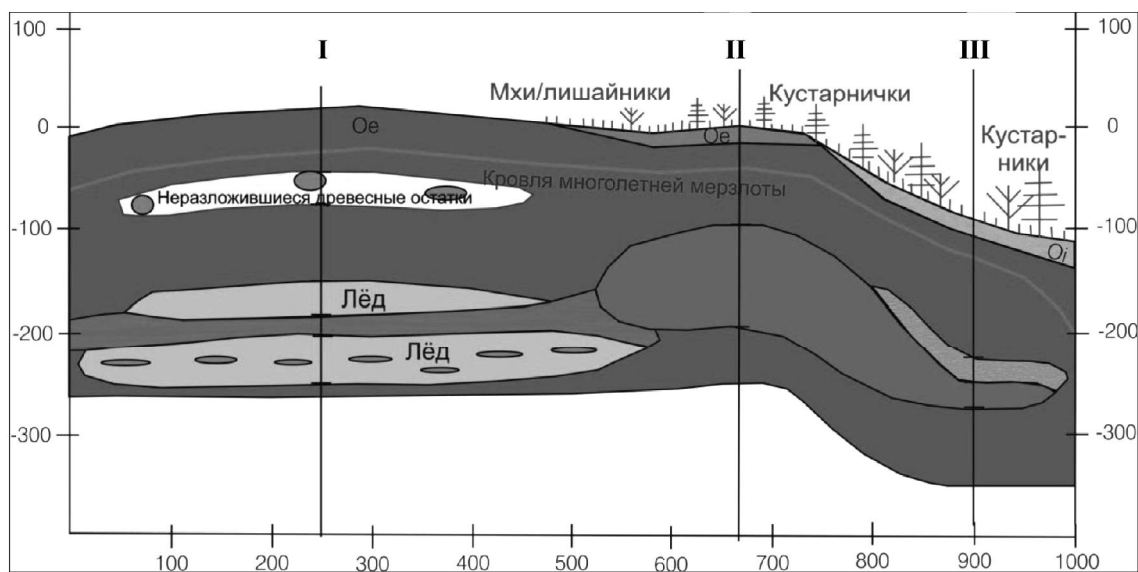


Рис. 2. Морфологическое строение почвенно-геокриологического комплекса торфяного бугра (по оси абсцисс и ординат – расстояние в сантиметрах): I – торфяное пятно; II – краевая зона пятна, зарастающая мхами и лишайниками; III – периферическая часть (склон) торфяного бугра с развитой кустарничково-моховой растительностью (по: Строение и свойства..., 2016).

Результаты обрабатывали с помощью компьютерной программы «GRAPH5» (Новаковский, 2004).

Результаты и их обсуждение

Почвы различных зон торфяного бугра отличаются по физико-химическим свойствам и характеру органического вещества (Каверин, 2015; Водорастворимые органические..., 2015; Строение и свойства..., 2016). Торфяные отложения СТС во всех рассмотренных зонах кислые, близки по содержанию углерода (табл. 1). Однако для почв пятна и его краевой зоны отмечены более низкие показатели величины соотношения C:N по сравнению с почвой склона бугра. Для них же характерно и более низкое содержание обменных оснований. Выявленные различия обусловлены особенностями ботанического состава торфяных отложений в пределах СТС. В почве пятна поверхностный горизонт СТС сложен низинным торфом – ивово-осоково-гипновым, в нижней части СТС – хвощово-осоковым. СТС склона бугра представлен в основном сфагновым торфом (Каверин, 2015; Строение и свойства..., 2016).

При микологическом анализе образцов торфа СТС, отобранных в разных зонах торфяного бугра, в совокупности выделено 13 видов микроскопических грибов из восьми родов, не считая двух форм стерильного мицелия. Большая часть микромицетов принадлежит к анаморфным грибам, один вид – *Mucor hiemalis* Wehmer – к отделу *Zygomycota*. Таким образом, видовое разнообразие исследованных торфяных почв в целом невелико. Для сравнения, в почвах таежных экосистем, занимающих автоморфные позиции (подзолистые почвы), микромицетный комплекс представлен 58 видами, полугидроморфные и гидроморфные (болотно-подзолистые почвы) – 34 видами (Хабибуллина, 2014), тундровых – 98 видами (Хабибуллина, 2009). При этом каждый кон-

кретный тип почвы, как правило, имеет существенно меньшее разнообразие микромицетов. Следует отметить, что экстремальные условия Крайнего Севера и отрицательные температуры многолетнемерзлых отложений не являются лимитирующими для распространения и сохранения жизнеспособных спорангий микромицетов. В частности, в настоящее время известно, что комплекс микромицетов в почвах тундровой зоны насчитывает 143 вида, полярных пустынь – 67 (Кирцидели, 2011), многолетнемерзлых грунтов Арктики – около 80 видов микроскопических грибов (*Mycelial fungi...*, 2004). При этом более половины стерильного мицелия составляют виды базидиальных грибов, а не микромицетов (Кочкина, 2011). Преобладание базидиальных грибов в структуре микоценозов мерзлотных почв требует особого подхода к анализу стерильных форм мицелия, растущих и учитываемых на применяемых для их идентификации средах. Довольно высокое видовое разнообразие мицелиальных грибов, выявленное в почвах Арктики, может быть обусловлено, с одной стороны, исследованием нескольких типов почв, формирующихся в различных растительных сообществах тундры, с другой стороны – включением для проведения микологического анализа образцов почв и многолетнемерзлых грунтов сред, обогащенных углеводами. Наличие избыточного количества доступного энергетического субстрата способствует более активному росту колоний и спороношению психрофильных видов микромицетов, составляющих основу микоценозов криогенных почв.

В рассмотренных нами торфяных почвах максимальным видовым разнообразием отличается род *Penicillium* (5 видов), остальные роды представлены, как правило, одним видом каждый (рис. 3). Это в принципе характерно для почв тундровой и таежной зон европейского Северо-Востока (Паринкина, 1989; Хабибуллина, 2009; Обилие, разнообразие..., 2013).

Таблица 1

Некоторые физико-химические показатели сезонно-талых слоев торфяных почв

Горизонт	Глубина, см	C _{общ.} , %	N _{общ.} , %	C/N	pH		Обменные основания, ммоль/100 г почвы		
					H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма
Почва торфяного пятна									
T1	0-10	47.6	2.8	17	4.36	3.60	57.01	1.41	58.41
T2	20-30	46.7	2.4	19	4.78	4.10	81.39	11.12	92.51
T3	40-54	47.6	2.5	19	5.02	4.29	84.20	14.07	98.28
Почва краевой зоны торфяного пятна									
T1	0-10	47.6	2.6	18	4.25	3.20	18.90	0.71	19.60
T2	20-30	45.5	2.6	17	4.36	3.47	9.82	0.45	10.27
T3	40-50	46.8	3.1	15	4.60	3.79	40.91	2.56	43.47
Почва склона торфяного бугра									
T1	0-10	48.4	1.9	25	3.94	3.07	10.82	4.33	15.16
T2	10-20	47.7	2.4	20	4.12	3.20	24.69	0.99	25.69
T3	25-35	35.4	2.0	18	4.56	3.73	24.08	2.30	26.37

По обилию ведущие позиции в почвах исследованного нами торфяника занимают два вида – *Chrysosporium merdarium* (Ehrenb.) J.W. Carmich. (29.44%) и *Geomyces pannorum* (Link) Sigler & J.W. Carmich (28.50%). Второе место (с величиной обилия порядка 3-8%) делят пять видов, включая темноокрашенный стерильный мицелий, – *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries (8.41%), *Trichoderma album* Preuss (7.48%), *Penicillium implicatum* Biourge (5.14%), *Penicillium brevicompactum* Dierckx (3.74%), *Mycelia sterilia* т/о (3.74%). С обилием от 1 до 3% выявлено шесть видов, в том числе *Penicillium waksmanii* К.М.

Zaleski (2.8%), *Penicillium* sp. (2.34%), *Stemphylium verruculosum* (O.E.R. Zimm.) Sacc. (2.34%), *Mucor hiemalis* Wehmer (1.87%), *Chrysosporium* sp. (1.4%), *Penicillium kapuscinskii* K.M. Zalessky (1.4 %). На долю оставшихся двух видов микромицетов *ureobasidium pullulans* (de Bary & Lowenthal) G. Arnaud, *Trichoderma viride* Persoon ex Fries и светлоокрашенного стерильного мицелия приходится по 0.47%.

Сезонно-талые слои выделенных нами в пределах торфяного бугра зон различаются по составу и обилию микромицетов, а также по структуре их комплексов. Как видно из табл. 2, наименьшим видовым разнообразием микромицетов (5-6 видов) характеризуется почва склона бугра, в напочвенном покрове которого преобладают сфагновые мхи (они же составляют основу торфяных отложений СТС), а также почва торфяного пятна, лишённого растительности. Максимальное видовое разнообразие (11 видов) отмечено в почве краевой зоны пятна, где начинается активное зарастание оголенного участка торфа мхами и лишайниками. В направлении «оголенный торфяной пятно → краевая зона пятна → склон бугра» четко прослеживается снижение индекса выравненности Пиелу (табл. 2) и, соответственно, меняется роль отдельных видов грибов в микоценозах. В СТС почвы оголенного торфяного пятна наиболее обилён вид *Cladosporium cladosporioides*, в краевой зоне – *Chrysosporium merdarium*, на склоне бугра – *Geomyces pannorum* (табл. 3). Следует отметить, что *Geomyces pannorum* – один из видов, характерных для ненарушенных тундровых почв. Он активно функционирует как в почвах равнинных ландшафтов криолитозоны (Хабибуллина, 2009; Микобиота почв..., 2014), так и горных тундр Приполярного Урала (Комплексы микромицетов..., 2010). Вид *Chrysosporium merdarium* чаще встречается в антропогенно нарушенных субстратах (Микобиота почв..., 2014), а *Cladosporium cladosporioides* – в условиях недостатка влаги (Deshmukh, 2005). Результаты определения полевой влажности образцов торфа из различных слоев СТС показали, что почва оголенного торфяного пятна более сухая (в 1.8-2.4 раза) по сравнению с почвой склона торфяного бугра. Этому способствует ее более активное прогревание в летний период (Каверин, 2016) и объясняет преимущественное развитие здесь *C. cladosporioides*.

Относительно более высокое разнообразие микромицетов в краевой зоне пятна (табл. 2) может быть связано с экотонной позицией, которую занимает почва данного участка – переход от участка торфяного бугра без растительности к участку бугра с хорошо развитым растительным покровом. Наличие в составе растительности краевой

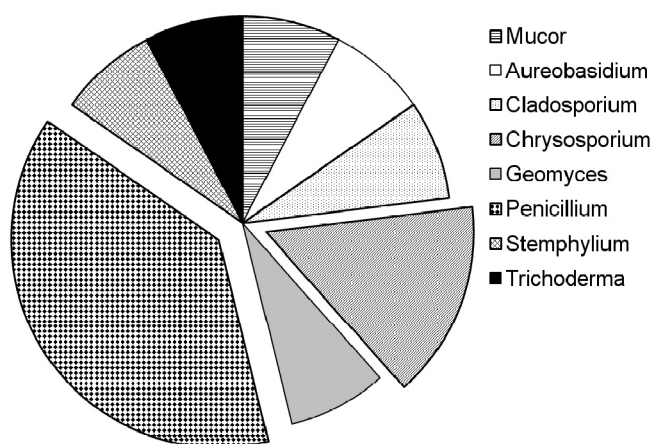


Рис. 3. Видовая насыщенность родов микромицетов, выделенных из образцов торфа СТС бугристого торфяника лесотундры.

зоны бугра представителей и кустарничков, и мохообразных, и лишайников увеличивает спектр растительных остатков и метаболитов растений, в деструкции которых принимают участие микроскопические грибы.

При сравнительно низком сходстве микоценозов почв рассмотренных трех участков, занимающих разные позиции в пределах торфяного бугра (коэффициент Сьеренсена-Чекановского 26.7%), кластерный анализ показал следующее. Все исследованные слои торфа по результатам статистического анализа объединились в два кластера (рис. 4). Первый из них включает поверхностные (0-10 см) горизонты всех трех почв и нижние горизонты почвы «оголенного» торфяного пятна. Второй кластер составляют нижние горизонты почвы краевой зоны пятна и склона бугра. Полученная дендрограмма, по всей видимости, отражает определенное сходство в процессах трансформации растительных остатков (торфа) поверхностных горизонтов, несмотря на различия в их составе. Это может быть обусловлено лучшей аэрацией поверхностных горизонтов, к которой требовательны микроскопические грибы (Обилие, разнообразие..., 2013). По условиям аэрированности, по всей видимости, к ним приближается почва торфяного пятна, так как деградированные поверхности торфяного бугра, как правило, занимают относительно повышенные участки в микрорельефе торфяного бугра. При оттаивании СТС миграция влаги с латеральным

Таблица 2
Показатели структуры комплекса микромицетов

Показатели	Почвы торфяного бугра		
	Оголенное торфяное пятно	Краевая зона пятна	Склон бугра
Количество выделенных видов	6	11	5
Индекс видового разнообразия Шеннона (H)	1.435	1.77	1.04
Индекс выравненности Пиелу (E)	0.80	0.74	0.65
Коэффициент Сьеренсена-Чекановского (Ks)		26.7	

Обилие видов (%) микромицетов в СТС торфяных почв бугристого болота

Вид микроскопического гриба	Почвы торфяного бугра		
	Оголенное торфяное пятно	Краевая зона пятна	Склон бугра
Zygomycota			
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	8.51	–	–
Anamorphic fungi			
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary & Lowenthal) G. Arnaud	2.13	–	–
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries*	38.30	–	–
<i>Chrysosporium merdarium</i> (Ehrenb.) J.W. Carmich.	8.51	43.44	13.3
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Sigler & J.W. Carmich*	25.53	18.85	57.8
<i>Chrysosporium</i> sp.	–	2.46	–
<i>Penicillium brevicompactum</i> Dierckx	17.02	–	–
<i>Penicillium</i> sp. 1	–	–	11.1
<i>Penicillium implicatum</i> Biourge	–	9.02	–
<i>Penicillium waksmanii</i> K.M. Zaleski	–	4.92	–
<i>Penicillium kapuscinskii</i> K.M. Zalessky	–	2.46	–
<i>Stemphylium verruculosum</i> (O.E.R. Zimm.) Sacc.	–	4.10	–
<i>Trichoderma album</i> Preuss	–	9.84	8.9
<i>T. viride</i> Persoon ex Fries*	–	0.82	–
<i>Mycelia sterilia</i> т/о	–	3.28	8.9
<i>Mycelia sterilia</i> c/o	–	0.82	–

Примечание: прочерк – вид отсутствует.

стоком по поверхности еще мерзлого (не оттаявшего) слоя торфа способствует созданию в нижних горизонтах СТС (надмерзлотные слои) почв краевой зоны бугра и склона бугра условий повышенного увлажнения. Это является неблагоприятным фактором для развития и функционирования микромицетов.

Заключение

Таким образом, впервые для криолитозоны европейского северо-востока России получены данные о составе комплекса микромицетов, функционирующих в торфяных почвах бугристых болот лесотундры. Составлен таксономический список, включающий 15 видов микроскопических грибов из восьми родов (в том числе две формы стерильного мицелия). Выявлены особенности их

пространственного распределения в пределах сезонно-талых слоев деградирующего торфяного бугра. Показано, что максимальным видовым разнообразием микромицетов характеризуются сезонно-талые слои торфяной почвы, занимающей промежуточное положение между почвами торфяных пятен, лишенных растительности, и почвами периферийных (склоновых) поверхностей торфяных бугров с хорошо развитым мохово-кустарничковым растительным сообществом. Установлено, что в зависимости от особенностей растительности в пределах поверхности деградирующего торфяного бугра в составе комплекса микромицетов меняется роль отдельных видов грибов. На склонах торфяного бугра, в почвах под развитой растительностью со сфагновыми мхами в напочвенном покрове по обилию

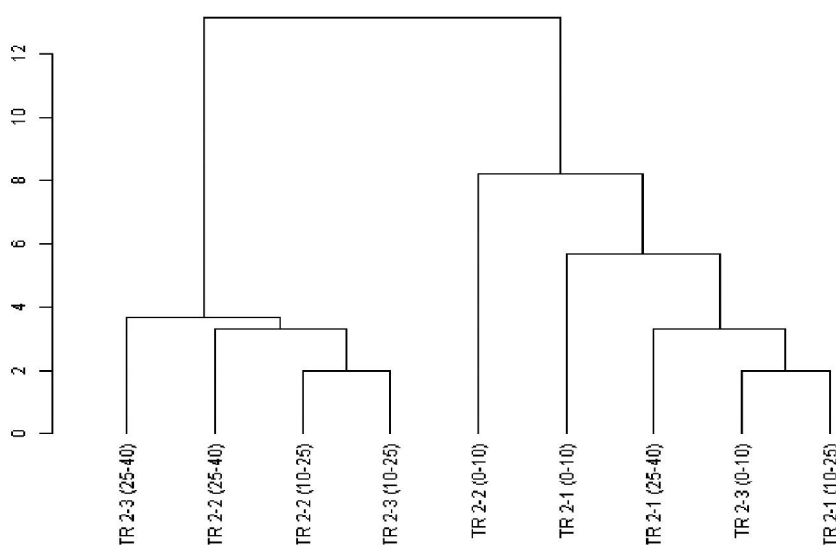


Рис. 4. Дендрограмма сходства видового разнообразия микромицетов в СТС торфяного бугра бугристо-мочажинного болотного комплекса лесотундры (кластеризация – по Варду, мера расстояния – Манхеттенское расстояние): TR 2-1 – почва оголенного торфяного пятна; TR 2-2 – почва краевой зоны пятна; TR 2-3 – почва склона торфяного бугра; в скобках указана глубина слоя, см.

доминирует *Geomyces pannorum*, в краевой зоне торфяного пятна, которая характеризуется постепенным развитием покрова из лишайников, зеленых мхов и единичных кустарничков, – *Chrysosporium merdarium*, на участке, полностью лишенном растительности, – *Cladosporium cladosporioides*. Специфику внутрипрофильного распределения видового состава комплексов микромицетов в почвах торфяных бугров определяют, по всей видимости, особенности экологических условий, складывающиеся в поверхностных и надмерзлотных горизонтах СТС бугристых торфяников (в первую очередь, условия температурного режима и влажности в летний период).

Невысокое видовое разнообразие микроскопических грибов, выявленное с использованием традиционных, классических питательных сред (среды Чапека, Гетченсона), обычно применяемых для учета почвенных микромицетов, свидетельствует о необходимости подбора дополнительных сред и условий для выявления и выделения психрофильных микромицетов, которые составляют основу микромицетного комплекса торфяных почв мерзлотных бугристых болот лесотундры.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ Коми НЦ УрО РАН «Пространственно-временные закономерности формирования торфяных почв на европейском северо-востоке России и их трансформации в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия» (Гр. 115020910065), при частичной финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН № 15-15-4-46 «Взаимосвязь биоразнообразия и биопродукционного потенциала наземных экосистем Европейской Арктики с особенностями формирования мерзлотных почв и динамическими аспектами их трансформации в современных условиях климата» и проекта ПРООН/ГЭФ 00059042.

ЛИТЕРАТУРА

Водорастворимые органические кислоты торфяных мерзлотных почв юго-востока Большеземельской тундры / Е. В. Шамрикова, Д. А. Каверин, А. В. Пастухов, Е. М. Лаптева, О. С. Кубик, В. В. Пунегов // Почвоведение. – 2015. – № 3. – С. 288–295.

Забоева, И. В. Становление почвенных исследований в Коми крае / И. В. Забоева // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2014. – № 3 (19). – С. 53–57.

Каверин, Д. А. Генетическая характеристика мерзлотных оголенных пятен на плоскобугристых торфяниках Большеземельской тундры / Д. А. Каверин, А. В. Пастухов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 55–62.

Каверин, Д. А. Особенности строения многолетнемерзлых торфяников на европейском северо-востоке и состава их органического вещества / Д. А. Каверин, Е. М. Лаптева, А. В. Пастухов // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 1. – С. 13–20.

Кирцидели, И. Ю. Почвенные микромицеты Арктики / И. Ю. Кирцидели // Микология сегодня. – Москва : Национальная академия микологии, 2011. – Т. 2. – С. 187–199.

Комплексы микромицетов в почвах тундровых ценозов, сформированных на кислых горных породах

Полярного Урала / И. Ю. Кирцидели, Ю. К. Новожилов, Е. В. Богомолова, И. В. Дроздова // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44, вып. 1. – С. 37–46.

Кочкина, Г. А. Структура микобиоты многолетней мерзлоты / Г. А. Кочкина, Н. Е. Иванушкина, С. М. Озерская // Микология сегодня. – Москва : Национальная академия микологии, 2011. – Т. 2. – С. 178–186.

Кураков А. В. Методы определения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем : учебно-методическое пособие / А. В. Кураков. – Москва : Макс Пресс, 2001. – 92 с.

Лаптева, Е. М. Почвы и почвенные ресурсы Республики Коми: этапы исследований, итоги и перспективы / Е. М. Лаптева, В. А. Безносиков, Е. В. Шамрикова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2016. – № 3 (27). – С. 23–34.

Микобиота почв и антропогенных субстратов полуострова Ямал / Д. Ю. Власов, Е. В. Абакумов, В. М. Томашунас, В. А. Кuryленков, М. С. Зеленская // Гигиена и санитария. – 2014. – № 5. – С. 49–51.

Новаковский, А. Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS» / А. Б. Новаковский // Автоматизация научных исследований. – Сыктывкар : Коми научный центр УрО РАН, 2004. – Вып. 27. – 28 с.

Обилие, разнообразие, жизнеспособность и факторная экология грибов в торфяниках / А. В. Головченко, А. В. Кураков, Т. А. Семенова, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 2013. – № 1. – С. 80–97.

Паринкина, О. М. Микрофлора тундровых почв / О. М. Паринкина. – Москва : Наука, 1989. – 179 с.

Пастухов, А. В. Запасы почвенного углерода в тундровых и таежных экосистемах северо-восточной Европы / А. В. Пастухов, Д. А. Каверин // Почвоведение. – 2013. – № 9. – С. 1084–1094.

Пастухов, А. В. Экологическое состояние мерзлотных бугристых торфяников на северо-востоке европейской России / А. В. Пастухов, Д. А. Каверин // Экология. – 2016. – № 2. – С. 94–102.

Почвы торфяных пятен бугристых торфяников севера Западной Сибири / О. А. Огнева, Г. В. Матышак, О. Ю. Гончарова, А. А. Бобрик, О. Е. Пономарева // Криосфера Земли. – 2016. – Т. 20, № 2. – С. 61–68.

Разнообразие факультативно-анаэробных микелиальных микроскопических грибов в почвах / А. В. Кураков, Р. Б. Лаврентьев, Т. Ю. Нечитайло, П. Н. Голышин, Д. Г. Звягинцев // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 1. – С. 103–112.

Строение и свойства почв многолетнемерзлых торфяников юго-востока Большеземельской тундры / Д. А. Каверин, А. В. Пастухов, Е. М. Лаптева, К. Бирази, М. Марущак, П. Мартикайнен // Почвоведение. – 2016. – № 5. – С. 542–556.

Структура комплексов микромицетов в многолетнемерзлых грунтах и криопегах Арктики / С. М. Озерская, Г. А. Кочкина, Н. Е. Иванушкина, Е. В. Князева, Д. А. Гиличинский // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 4. – С. 542–550.

Хабибуллина, Ф. М. Микромицеты подзолистых и болотно-подзолистых почв в подзоне средней тайги на северо-востоке европейской части России / Ф. М. Хабибуллина, Е. Г. Кузнецова, И. З. Васенева // Почвоведение. – 2014а. – № 10. – С. 1228–1234.

Хабибуллина, Ф. М. Почвенная микобиота естественных и антропогенно нарушенных экосистем северо-востока европейской части России : автореф. дис. ... докт. биол. наук / Ф. М. Хабибуллина. – Сыктывкар, 2009. – 40 с.

Хабибуллина, Ф. М. Характеристика почвенной микобиоты во вторичных лиственных лесах подзоны средней тайги (Республика Коми) / Ф. М. Хабибулли-

на, Е. Г. Кузнецова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014б. – Т. 16, № 1 (3). – С. 891–895.

Biodiversity of Floodplain Soils in the European North-East of Russia / A. Kolesnikova, E. Lapteva, S. Degteva, A. Taskaeva, A. Kudrin, Y. Vinogradova, F. Khabibullina // River Basin Management / ed. D. Bucur. – Rijeka : InTech, 2016. – P. 271–294.

Deshmukh, S. K. Biodiversity of fungi : their role in human life / S. K. Deshmukh, M. K. Rai. – Enfield, NH: Science Publishers, 2005. – 460 p.

Large N₂O emissions from cryoturbated peat soil in tundra / M. E. Repo, S. Susiluoto, S. E. Lind, S. Jokinen, V. Elsakov, C. Biasi, T. Virtanen, P. J. Martikainen // Nature Geoscience. – 2009. – Vol. 2. – P. 189–192.

Mycelial fungi in cryopegs / S. M. Ozerskaya, N. E. Ivanushkina, G. A. Kochkina, R. N. Fattakhova, D. A. Gilichinsky // Int. J. astrobiol. «Water and Life». – 2004. – Vol. 3, N 4. – P. 327–331.

MICROMYCETES IN PEAT SOILS OF PALSA MIRES IN THE FOREST-TUNDRAZONE

E.M. Lapteva, V.A. Kovaleva, Yu.A. Vinogradova, D.A. Kaverin, A.V. Pastukhov

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

Summary: Complex of micromycetes was studied in active layers of peaty soils of palsa mires in the forest-tundra zone. By the moment, taxonomical list of micromycetes includes 15 species of microscopic fungi from eight genera including two forms of sterile mycelium. The prevalent species and the features of species space and intra-profile distribution were revealed in the active layers of degrading peat hillock. It is necessary to find out additional media and conditions to reveal psychrophilic micromycetes that form the basis of the micromycetes complex in permafrost soils of palsa mires in the forest-tundra zone.

Key words: cryolithozone, palsa mires, peat soils, active layer, permafrost, microscopic fungi