

БИОРАЗНООБРАЗИЕ,
СИСТЕМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ

УДК 582.28 : 631.466.1

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ МИКРОМИЦЕТОВ
В БУРО-ТАЕЖНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2020 г. Л. П. Шумилова^{1,*}, Л. М. Павлова^{1,**}

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000 Благовещенск, Россия

*e-mail: shumilova.85@mail.ru

**e-mail: pav@ascnet.ru

Поступила в редакцию 11.03.2019 г.

После доработки 15.06.2019 г.

Принята к публикации 20.12.2019 г.

Северные горные районы Дальнего Востока в микологическом отношении изучены слабо. В процессе многолетних исследований изучен видовой состав культивируемых микроскопических грибов в буро-таежных грубогумусовых почвах горных районов северо-востока Амурской обл. Исследованы почвы хребтов Джагды, Селемджинский, Эзоп. Выделено 52 вида из 21 рода и двух отделов. Отдел *Mucoromycota* представлен тремя видами из трех родов и двух порядков. Большая часть выделенных грибов относится к отделу *Ascomycota*. Отдел представлен 6 порядками и группой неопределенного таксономического положения. Самый многочисленный порядок *Eurotiales* содержит многовидовой род *Penicillium*. Комплексы почвенных микромицетов представлены преобладающим количеством частых и редких видов. Группу доминантов в буро-таежных грубогумусовых почвах составили 4 вида микромицетов — *Lecanicillium lecanii*, *Penicillium sclerotiorum*, *P. waksmanii* и *Talaromyces funiculosus*. Повсеместно встречались эвритопные виды *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium thomii*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Talaromyces funiculosus*, *Trichoderma aureoviride* и *T. koningii*. Во всех исследуемых комплексах микромицетов преобладали грибы рода *Penicillium*. Видовое разнообразие, оцененное с помощью индекса Шеннона, в почвах всех изучаемых местообитаний было высокое. Коэффициент Сёрнсена свидетельствует о незначительном сходстве между местообитаниями: Эзоп и Селемджинский (0.54), Джагды–Эзоп (0.44) и Джагды–Селемджинский (0.38). Впервые на территории Дальнего Востока выделены *Alternaria embellisia*, *Discosia brasiliensis* и *Paraphaesphaeria sporulosa*. На относительно небольшой территории и в одинаковых климатических условиях для каждого из изученных местообитаний выявлена неоднородность состава комплексов микромицетов, что свидетельствует о высоком видовом разнообразии микоценозов буро-таежных грубогумусовых почв в горных районах северо-востока Амурской обл.

Ключевые слова: биологическое разнообразие, горные буро-таежные почвы, культивируемые микроскопические грибы, структура комплексов микромицетов

DOI: 10.31857/S0026364820020117

ВВЕДЕНИЕ

Почва является одной из самых сложных экосистем для обитания многих живых организмов, среди которых микроскопические грибы занимают приоритетное положение. Они играют ключевую роль в процессах почвообразования, активно осуществляют биогеохимические процессы, связанные с разрушением и преобразованием органических и минеральных веществ биосферы (Gadd, 2007).

На сегодняшний день почвообитающие грибы являются одним из малоизученных компонентов биоценозов не только в мире, но и в конкретных регионах (Guzman, 1998; Manoharachary et al., 2005; Gams, 2007; Mueller, Schmit, 2007; Piepenbring, 2007; Tedersoo et al., 2014; Dai et al., 2015; Jiang et al., 2015; Mel'nik et al., 2015). Это связано и с

различиями в методических подходах, и трудностями работы с ними, и сложностью наблюдения непосредственно в среде обитания, а также произошедшими изменениями в номенклатуре (Alexandrova, 2013).

Сведений о географическом распространении видов почвенных грибов также недостаточно. При этом огромный потенциал неописанных видов приходится на слабо изученные территории (Hawksworth, 1991). Существует множество экстремальных экосистем, которые требуют более глубокого изучения. Экосистемы горных массивов, заведомо развивающиеся в особых экстремальных условиях, представляют в этом отношении особый интерес.

Территория современной России составляет 17 млн км², из которой четвертая часть приходится

на горные системы, при этом территория Дальнего Востока, занимающая 36% от всей площади России, на 75% представлена горным рельефом (Khristoforova, 2005). Дальневосточные горы преимущественно средневысотные, не превышают уровня 2500 м над ур. м. Обширные площади мерзлоты в дальневосточном регионе придают горным экосистемам дополнительную хрупкость и уязвимость. На территории России почвенные микроскопические грибы изучаются в разных биоценозах, но для Дальнего Востока таких исследований выполнено недостаточно из-за трудностей, связанных с его обширной территорией и большим разнообразием экосистем. Кроме того, северные горные районы Дальнего Востока включают регионы, где горнодобывающая промышленность доминирует в структуре экономики. В соответствии с Национальной стратегией сохранения биоразнообразия, эти регионы характеризуются как районы с особыми условиями для сохранения биоразнообразия, поскольку отличаются высокой чувствительностью к антропогенным воздействиям. Одной из научных задач при изучении в таких районах является инвентаризация биоразнообразия в целом, включая комплексы почвенных микроскопических грибов, и анализ их состояния в будущем с учетом влияния горнодобывающей промышленности.

В Верхнем и Среднем Приамурье имеются фрагментарные исследования микобиоты почв (Egorova, 1974, 1986, 2003; Egorova et al., 1974; Fungi., 1989), но буро-таежные почвы горных массивов, распространенные более чем на половине территории Верхне-Амурского бассейна, практически не изучены. Более того, северные горные районы Верхне-Амурского бассейна являются зонами многолетней мерзлоты и подвержены техногенным воздействиям из-за интенсивной добычи золота. Поэтому целью настоящих исследований было изучение видового разнообразия культивируемых микроскопических грибов в природных буро-таежных почвах северных горных районов Амурской обл.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Амурской обл. в Селемджинском р-не. Были обследованы природные ненарушенные (зональные) буро-таежные почвы пологих склонов хребтов Джагды (53°46'14"–53°50'32" с.ш., 130°23'04"–130°28'46" в.д.), Селемджинский (53°15'62"–53°16'12" с.ш., 132°83'51"–132°90'62" в.д.) и Эзоп (52°92'85"–52°96'82" с.ш., 133°55'01"–133°68'48" в.д.). Эти хребты образуют горную систему, занимающую значительную территорию севера и северо-востока Амурской обл. С севера эту систему отграничивает крупный горный массив Станового хребта, протянувшегося в широтном направлении почти

на 800 км. Параллельно и несколько южнее лежит система хребтов Янкан–Тукурингра – Соктахан–Джагды. Восточную окраину Амурской обл. ограничивают хребты Селемджинский–Ям-Алинь–Эзоп, являющиеся северными отрогами Буреинского массива. Все горные хребты невысокие со сглаженными округлыми вершинами и некрутыми склонами, покрыты каменистыми россыпями, образованными в результате интенсивного физического выветривания из-за больших колебаний температуры воздуха. Широтная зональность умеренной климатической зоны в горных районах Приамурья сменяется высотной поясностью с выделением пояса горной тайги (до 1000–1200 м над ур. м.), горной лесотундры (до 1500–1600 м над ур. м.) и горной тундры.

Климат района исследований резко континентальный с муссонными чертами распределения годовых осадков. Самый жаркий месяц лета – июль, средняя температура достигает 15–20°C с абсолютным максимумом 35°C, самый холодный месяц – январь, температура которого может опускаться до –56°C, а 35-градусные морозы длятся более месяца. Северо-восток области – самое холодное место, безморозный период в котором составляет всего 57 дней. Среднегодовое количество осадков достигает 700 мм. Наибольшее их количество (до 90%) выпадает в летний период. Зимы малоснежные с глубиной снежного покрова до 54 см. Хребты Ям-Алинь и Эзоп – самое влажное место, где осадков выпадает более 800 мм в год (Naprashnikov et al., 1983).

Согласно почвенному районированию (Egorov et al., 1977), в северных горных районах Амурской обл. распространены буро-таежные грубогумусовые почвы, материнской породой которых является элювий и делювий коренных пород. По современной классификации эти почвы называются буроземы грубогумусовые или, согласно номенклатуре Мировой реферативной базы почвенных ресурсов (WRB), haplic cambisols dystic, или dystic cambisols в системе FAO. Почвы характеризуются маломощностью горизонтов, слабым расчленением профиля, незначительной степенью оподзоливания, наличием многолетней мерзлоты, мощностью которой в этих местах достигает 70–80 м и более. Летом мерзлая толща грунтов оттаивает на глубину 2–3 м, а под мхами – всего на 20–30 см, что влияет на тепловой режим почв, который в зоне холодного и умеренного климата будет являться одним из решающих факторов для деятельности почвенных грибов. Недостаток тепла приводит к замедленному разложению органического вещества верхнего слоя почвы и образованию гумуса фульватного типа. По лесорастительному районированию территория обследования относится к Восточно-Сибирской подобласти светлохвойных лесов подзоны средней тайги. В южных отрогах хребта Джагды были размещены

4 пробные площадки на высоте 618–703 м над уровнем моря на покатых склонах западной экспозиции. Растительность представлена *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen. с примесью *Betula platyphylla* Sukaczew, в подросте отмечены *Abies nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) и *Picea ajanensis* Fisch ex Carrière. В кустарниковом ярусе лиственничников обычны *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, *Betula divaricata* Ledeb., *Vaccinium uliginosum* L., *Ledum maximum* (Nakai) Khokhr. ex Maz., единично встречаются *Pinus pumila* (Pall.) Regel. В травяно-кустарниковом покрове постоянно присутствовали *Chamaepericlymenum canadense* (L.) Asch. et Graebn., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Calamagrostis barbata* V.N. Vassil., несколько видов зеленых мхов.

Почвенные образцы отбирали в конце вегетационного периода (август) в период с 2013 по 2015 гг. на пробных площадках, которые размещали в типичных биотопах. Пробные площадки (4) в юго-западных отрогах хребта Селемджинский размещали на абсолютной высоте 832 м над ур. м. на склонах южной экспозиции. Растительность представлена *Larix gmelinii* с примесью *Betula platyphylla*, в подросте – *Abies nephrolepis*. В кустарниковом ярусе обычны *Duschekia fruticosa*, *Betula divaricata*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum maximum*, единичны *Pinus pumila*; в травяно-кустарниковом покрове постоянно присутствовали *Vaccinium vitis-idaea*, зеленые мхи и лишайники (genus *Cladonia* P. Browne).

Пробные площадки (3) в северных отрогах хребта Эзоп размещали на высоте ~800 м над ур. м. на пологих склонах северной и южной экспозиции. Растительность представлена преимущественно *Larix gmelinii*, в подросте – *Betula platyphylla*. В кустарниковом ярусе встречаются *Duschekia fruticosa*, обычны *Vaccinium uliginosum*, *Ledum maximum*, единичны *Pinus pumila*; в травяно-кустарниковом покрове постоянно присутствуют *Vaccinium vitis-idaea*, зеленые мхи, лишайники (*Cladonia* spp.).

Отбор почвенного материала производили по общепринятым методикам (Kurakov, 2001) из горизонта А₁ (2–10 см) с соблюдением условий стерильности в стерильные пакеты из крафт-бумаги. С каждой учетной площадки отбирали по 5 единичных проб. Всего было отобрано 55 проб. Для определения состава комплексов почвенных микроорганизмов использовали сочетание традиционных методов с молекулярно-генетическими.

Выделение микроорганизмов и определение их численности (в колониеобразующих единицах на г сухой почвы – КОЕ/г) проводили методом посева из серийных разведений на агаризованную подкисленную среду Чапека в 10-кратной повторности для каждого образца (Babyeva, Zenova, 1989). Инкубацию осуществляли в термостате при 24°C. Отдельные колонии грибов отсеивали, начиная с 5 суток, окончательный учет колоний микроорганизмов проводили на 7–10-е сутки.

Идентификацию выделенных чистых культур проводили на основании культурально-морфологических признаков с использованием определителей для конкретной таксономической группы (Raper, Thom, 1968; Kirilenko, 1977; Egorova, 1986; Domsch et al., 2007). Названия и положение таксонов унифицировали с использованием международной базы данных Index Fungorum (2019).

Молекулярно-генетический метод был использован для идентификации неспорулирующих культур и тех видов микроорганизмов, таксономическая принадлежность которых по культурально-морфологическим признакам была затруднена. Молекулярный анализ был выполнен в Национальном биоресурсном центре Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ “Курчатовский институт” – ГосНИИгенетика, Москва.

Выделение ДНК проводили из 3-суточных культур с помощью набора Genomic DNA Purification Kit по протоколу производителя. Образцы ДНК исследуемых изолятов секвенировали по регионам D1 и D1/D2 гена 26S р РНК, а также по региону ДНК, содержащему внутренние транскрибируемые спейсеры ITS1 и ITS2. Полноразмерный регион D1/D2 гена 26S р РНК амплифицировали с использованием праймеров NL-1 (5'-GCATATCAATAAGCGGAGGAAAG-3') и NL-4 (5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG-3'). Регион ДНК, содержащий внутренние транскрибируемые спейсеры ITS1 и ITS2, амплифицировали с помощью праймеров ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCG-3') и ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Анализ продуктов амплификации проводили путем электрофоретического фракционирования в 1%-м агарозном геле при напряженности электрического поля 5 В/см. Амплифицированные фрагменты ДНК секвенировали на автоматическом секвенаторе АЕ 3000. Полученные нуклеотидные последовательности сравнивали при помощи программы Blast с имеющимися в международном генном банке NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Для характеристики разнообразия комплексов почвенных микроорганизмов использовали ряд структурных показателей. Представленность выделенных видов в структуре комплекса микроорганизмов характеризовали на основе показателей пространственной частоты встречаемости и относительно обилия изолятов всех видов (Mirchink et al., 1981). Для оценки видового разнообразия рассчитали индекс Шеннона (Magurran, 1992). Для сравнения степени сходства сообществ микроорганизмов исследуемых биоценозов использовали индекс сходства Сёренсена. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общая численность микромицетов. В целом численность почвенных микроскопических грибов в верхних горизонтах буро-таежных грубогумусовых почв достаточно низкая – $23-56 \pm 10$ тыс. КОЕ/г сухой почвы. Есть сведения (Grishkan, 1997; Terekhova, 2007) о более высоких показателях численности почвенных микроскопических грибов, развивающихся в достаточно суровых экстремальных условиях, превышающих обнаруженные нами на 1–2 порядка. Несмотря на то, что в летний период наблюдается достаточное увлажнение почв и значительно теплее, наличие многолетней мерзлоты и длительный период низких температур приводит к замедлению биохимических процессов в почве, что не способствует длительной активной микробиологической деятельности.

Среди изученных местообитаний максимальные значения общей численности микромицетов выявлены в буро-таежной грубогумусовой оподзоленной почве на учетных площадках, расположенных на склонах южной экспозиции юго-западных отрогов Селемджинского хребта – $44-56 \pm 5$ тыс. КОЕ/г сухой почвы. В аналогичных почвах на учетных площадках, расположенных на склонах западной экспозиции южных отрогов хребта Джагды, зарегистрирована несколько меньшая общая численность микромицетов – $23-47 \pm 10$ тыс. КОЕ/г. Самая низкая численность микромицетов отмечена в буро-таежной грубогумусовой почве на учетных площадках, расположенных на склонах северной и южной экспозиции северных отрогов хребта Эзоп – $29-33 \pm 2$ тыс. КОЕ/г. Это можно объяснить не только более низкими показателями почвенного плодородия (например, нами выявлена прямо пропорциональная связь средней силы ($r = 0.62$) между численностью микроорганизмов и общим содержанием почвенного углерода), но и, возможно, различающимися локальными тепловыми ресурсами почв на исследованных хребтах. Экспозиция склонов играет существенную роль в перераспределении тепла, влаги, ветровой деятельности, и, следовательно, в дифференциации состава микромицетных комплексов. Например, разница годовых сумм положительных температур на глубине 10 см между северными и южными склонами может различаться в несколько раз (Grishkan, 1997). На такую зависимость между численностью микроорганизмов и температурой в сезонном цикле для мерзлотных почв указывали другие исследователи (Shchelchkova, Struchkova, 2016; Nikitin et al., 2017).

Таксономическая структура выделенных комплексов микроскопических грибов. Анализ таксономической структуры выявленных комплексов микромицетов показал, что в целом буро-таежные почвы характеризуются достаточно высоким видовым разнообразием. Выделено 52 вида микроскопических грибов из 21 рода и двух отделов, без

учета стерильного мицелия (табл. 1). Для трех изолятов часто встречающегося светлоокрашенного стерильного мицелия в почвах хребтов Джагды и Эзоп пока не определена таксономическая принадлежность даже с использованием методов молекулярной идентификации. Утрата спорообразования, приводящая к образованию стерильного мицелия и не дающего спороншения ни на одной из используемых сред при идентификации является проявлением физиологической адаптации микромицетов к низким температурам (Grishkan, 1997; Kirtsideli, Tomilin, 1997; Golovchenko et al., 2013).

Отдел *Mucoromycota* немногочислен, представлен всего тремя видами из двух порядков – *Mucorales* и *Mortierellales*, что составляет 5.8% от всего видового состава. *Mucor hiemalis* распространен повсеместно, является типичным не только для Дальнего Востока (Egorova, 1986; Egorova, Kovaleva, 2012), но и для более высоких широт (Domsch et al., 2007). Гриб этот сапротроф-сахаролитик, использует в первую очередь легкодоступные сахара и в почвах исследуемых ценозов отмечен как частый, что связано с высоким содержанием слабообразующихся органических веществ. *Cunninghamella echinulata* отмечен как редкий вид в почве Селемджинского хребта, *Mortierella alpina* как редкий вид выделен из почвы хребта Джагды.

Оставшиеся 49 видов отнесены к отделу *Ascomycota*, что составляет 94% от общего видового состава. При этом только один вид способен к образованию телеоморфы в культуре, остальные являются анаморфными грибами (табл. 1). Отдел представлен 6 порядками (*Capnodiales*, *Eurotiales*, *Hypocreales*, *Pleosporales*, *Sordariales*, *Amphisphaeriales*) и группой неопределенного таксономического положения (*Incertae sedis*). Самый многочисленный порядок *Eurotiales* содержит 27 видов из 3 родов (51.9% видового богатства), включает в себя самый многовидовый род *Penicillium* – 20 видов (38.5%), а также относительно богатые видами роды *Talaromyces* – 4 вида (7.7%) и *Aspergillus* – 3 вида (5.8%). Второй по численности порядок *Hypocreales* состоит из 10 видов (19.2%) относящихся к 5 родам. Порядок содержит 5 видов из рода *Trichoderma* (9.6%), по насыщенности видами находится после рода *Penicillium*. Род *Fusarium* представлен двумя видами (3.8%), остальные три рода имеют по одному виду (1.9%).

Другие порядки по числу видов гораздо беднее. Порядок *Pleosporales* содержит всего 5 видов из 4 родов (9.6%), где род *Alternaria* представлен двумя видами, остальные три рода одновидовые (1.9%). Порядок *Capnodiales* содержит два вида из рода *Cladosporium*, порядок *Sordariales* и группа *Incertae sedis* включают по 2 вида из разных родов (3.8%), только одним видом представлен порядок *Amphisphaeriales* (1.9%). Все 14 одновидовых рода (в том числе 3 из отдела *Mucoromycota*) составили 27% от выявленного видового богатства почвенных

Таблица 1. Частота встречаемости микроскопических грибов в горных буро-таежных почвах севера Амурской обл.

Выделенные виды	1	2	3	Выделенные виды	1	2	3
	ЧВ, %	ЧВ, %	ЧВ, %		ЧВ, %	ЧВ, %	ЧВ, %
Mucoromycota				<i>P. verrucosum</i> Dierckx	—	С	—
Mortierellales				<i>P. waksmanii</i> K.M. Zaleski	—	Ч	Д
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel	Р	—	—	<i>Talaromyces funiculosus</i> (Thom) Samson, N. Yilmaz, Frisvad et Seifert	Д	Д	Ч
Mucorales				<i>T. purpureogenus</i> Samson, N. Yilmaz, Houbraken, Spierenburd, Seifert, Peterson, Varga et Frisvad	Р	—	—
<i>Cunninghamella echinulata</i> (Thaxt.) Thaxt. et Blakeslee	—	Р	—	<i>T. rugulosus</i> (Thom) Samson, N. Yil- maz, Frisvad et Seifert	С	—	—
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	Ч	Ч	Ч	<i>T. variabilis</i> (Sopp) Samson, N. Yil- maz, Frisvad et Seifert	—	С	—
Ascomycota				Hypocreales			
Capnodiales				<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill.	—	Р	С
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	Ч	Ч	Ч	<i>Clonostachys rosea</i> (Link) Schoruers, Samuels, Seifert et W. Gams	С	—	—
<i>C. herbarum</i> (Pers.) Link	Р	—	—	<i>Fusarium lolii</i> (Wn.G.Sm.) Sacc.	Р	—	—
Eurotiales				<i>F. oxysporum</i> Schltdl	Р	—	—
<i>Aspergillus flavus</i> Link	—	Р	—	<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimm.) Zare et W. Gams	Ч	Д	—
<i>A. ustus</i> (Bainier.) Thom et Church	Р	—	—	<i>Trichoderma asperellum</i> Samuels, Lieckf. et Nirenberg	С	—	—
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	Ч	Ч	—	<i>T. aureoviride</i> Rifai	С	Ч	Ч
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	Ч	—	—	<i>T. koningii</i> Oudem.	Ч	Р	Р
<i>P. canescens</i> Sopp	Ч	Ч	—	<i>T. virens</i> J. H. Mill., Giddens et A. A. Foster	—	Ч	—
<i>P. citreonigrum</i> Dierckx	—	Р	—	<i>T. viride</i> Pers.	—	Ч	—
<i>P. citrinum</i> Thom	Р	—	Ч	Pleosporales			
<i>P. chrysogenum</i> Thom **	—	Ч	—	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Ч	Ч	Р
<i>P. corylophilum</i> Dierckx	Р	—	—	<i>A. embellisia</i> Woudenb. et Crous *	—	Ч	—
<i>P. dierckxii</i> Biourge	—	Ч	Р	<i>Paraphaeosphaeria sporulosa</i> (W. Gams et Domsch) Verkley, Göker et Stialow *	Р	—	—
<i>P. glabrum</i> (Wehmer.) Westling	С	—	—	<i>Paraphoma chrysanthemicola</i> (Hollós) Gruvter, Aveskamp et Verkley *	С	Р	—
<i>P. herquei</i> Bainier et Sartory	—	Ч	—	<i>Ulocladium consortiale</i> (Thüm.) E.G. Simmons	—	—	Р
<i>P. jensenii</i> K.M. Zaleski	Р	—	—	Sordariales			
<i>P. implicatum</i> Biourge	—	Ч	Р	<i>Chaetomium globosum</i> Kunze *	Р	—	Р
<i>P. ochrochloron</i> Biourge **	Ч	—	Ч	<i>Humicola grisea</i> Traaen	Ч	—	—
<i>P. sclerotiorum</i> J.F.H. Beyma	—	Ч	Д	Amphisphaeriales			
<i>P. simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	—	Ч	—	<i>Discosia brasiliensis</i> (Speg.) Nag Raj *	—	Р	—
<i>P. spinulosum</i> Thom	С	—	—	Incertae sedis			
<i>P. thomii</i> Maire	Ч	Ч	Р	<i>Oidiodendron tenuissimum</i> (Peck) S. Hughes	С	—	—
<i>P. turbatum</i> Westling	—	Р	—	<i>Pseudogymnoascus pannorum</i> (Link) Minnis et D.L. Lindner	Ч	Ч	Р
<i>P. velutinum</i> J.F.H. Beyma	—	С	—	Стерильный мицелий	Ч	—	Ч

Примечание. 1 — хребт Джагды, 2 — хребт Селемджинский, 3 — хребт Эзоп. ЧВ — частота встречаемости (Р — редко, С — со средней частотой, Ч — часто); “—” — вид не выделен, “*” — виды, идентифицированные молекулярно-генетическим методом, “**” — виды, идентифицированные культурально-морфологическим методом и подтвержденные молекулярно-генетическим.

микромикетов в буро-таежных грубогумусовых почвах.

Видовое разнообразие исследуемых местообитаний. Видовое богатство микроскопических грибов в почвах хребтов Джагды и Селемджинский почти не отличалось – 32 вида из 17 родов и 31 вид из 13 родов, соответственно. Количество выделенных видов в почве хребта Эзоп практически в два раза ниже – 17 видов из 10 родов. Тем не менее, согласно полученным значениям индекса Шеннона, можно говорить о достаточно высоком видовом разнообразии каждого из исследуемых местообитаний: Джагды – 3.3–3.6, Селемджинский хребет – 2.8–3.7 и Эзоп – 2.8–3.3.

Отмечено, что из 32 видов микроскопических грибов, выделенных из почвы хребта Джагды, 18 характерны только для этого местообитания (табл. 1). В их числе *Paraphaesphaeria sporulosa*, который на территории Дальнего Востока был впервые выделен нами ранее (Shumilova et al., 2014). Доминировал *Talaromyces funiculosus* – космополитный вид, способный расти в широком температурном диапазоне (5–42°C), в том числе в экстремальных холодных условиях. Частые и редкие виды в структуре преобладают. Часто встречались *Alternaria alternata*, *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium cladosporioides*, *Humicola grisea*, *Lecanicillium lecanii*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. canescens*, *P. ochrochloron*, *P. thomii*, *Trichoderma koningii*, *Pseudogymnoascus pannorum*. Редкие виды – *Aspergillus ustus*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium lolii*, *F. oxysporum*, *Mortierella alpina*, *Paraphaesphaeria sporulosa*, *Penicillium citrinum*, *P. corylophilum*, *P. jensenii*, *Talaromyces purpureogenus*. Случайные виды немногочисленны – *Clonostachys rosea*, *Oidiodendron tenuissimum*, *Penicillium glabrum*, *P. spinulosum*, *Paraphoma chrysanthemicola*, *Talaromyces rugulosus*, *Trichoderma asperellum* и *T. aureoviride*.

В группу доминантов в буро-таежной грубогумусовой оподзоленной почве Селемджинского хребта, наряду с *T. funiculosus*, входит *Lecanicillium lecanii*. Из обнаруженного 31 вида 14 отмечены только в почве Селемджинского хребта, в числе которых *Alternaria embellisia* и *Discosia brasiliensis* на Дальнем Востоке выделены впервые. В структуре также преобладают частые и редкие виды. Типичные частые виды – *A. alternata*, *A. embellisia*, *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium canescens*, *P. dierckxii*, *P. chrysogenum*, *P. herquei*, *P. implicatum*, *P. sclerotiorum*, *P. simplicissimum*, *P. thomii*, *P. waksmanii*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Trichoderma aureoviride*, *T. virens*, *T. viride*. Редкие виды – *Aspergillus flavus*, *Cunninghamella echinulata*, *Discosia brasiliensis*, *Penicillium citreonigrum*, *P. turbatum*, *Beauveria bassiana*, *Trichoderma koningii*, *Paraphoma chrysanthemicola*. Как случайные отмечены *Penicillium velutinum*, *P. verrucosum* и *Trichoderma variabilis*.

Как доминирующие виды в почве хребта Эзоп выявлены представители рода *Penicillium*: *P. sclerotiorum* и *P. waksmanii*. Широко распространены *Mucor hiemalis*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium citrinum*, *P. ochrochloron*, *Talaromyces funiculosus* и *Trichoderma aureoviride*. Редкие виды – *Alternaria alternata*, *Chaetomium globosum*, *Penicillium dierckxii*, *P. implicatum*, *P. thomii*, *Trichoderma koningii*, *Ulocladium consortiale*; как случайный отмечен *Beauveria bassiana*.

Общими для трех исследуемых местообитаний были *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium thomii*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Talaromyces funiculosus*, *Trichoderma aureoviride* и *T. koningii*, представленные в каждом из них с разной частотой встречаемости.

Для выявления сходства между сообществами в исследуемых местообитаниях использовали коэффициент Сёренсена, который свидетельствует о незначительной степени видового сходства микромикетных сообществ в исследуемых местообитаниях. По количеству видов более схожи почвенные сообщества микромикетов хребтов Эзоп и Селемджинский, коэффициент Сёренсена – 0.54, оба хребта находятся в восточной части Амурской области. Однако значения коэффициента все же не так велики, чтобы говорить о высоком сходстве между местообитаниями. Об идентичности комплексов свидетельствует значение этого показателя не меньше 0.8. Почвенные микромикетные сообщества хребта Джагды, расположенного несколько севернее, показали еще меньшее сходство по коэффициенту Сёренсена в сравнении с хребтами Селемджинский и Эзоп: Джагды – Селемджинский – 0.38 и Джагды – Эзоп – 0.44. Вероятно, даже незначительное варьирование экологических факторов влияет на структуру микоценозов, как было показано Tischer et al. (2013), Logares et al. (2012) и Jiang et al. (2015) на примере микробных сообществ, которые в пределах одной экосистемы, но на соседних участках были аналогичными, но не идентичными. Низкие значения этого показателя между изученными микромикетными сообществами свидетельствуют о специфичности и уникальности разных биоценозов в буро-таежных грубогумусовых почвах.

В исследуемых почвах насыщенность представителями рода *Penicillium* достигает 30–40%. Преобладание представителей этого рода является одной из характерных особенностей микромикетных сообществ северных таежных зон (Grishkan, 1997). Грибы этого рода в основном являются типичными почвенными сапротрофами, способными развиваться при низкой доступности питательных веществ и усваивать трудно разлагаемые полимерные субстраты в местах, где слабо развиты минерализационные процессы. Благодаря обильному спороношению и мелким легким спорам пенициллы распространены повсеместно – в поч-

вах, пресной и морской воде, на растительных и животных остатках, в воздухе, пыли, льдах. В почвах полярных и альпийских регионов виды этого рода занимают доминирующее положение (Kirtsideli, 2016). В целом для буро-таежных почв характерны такие виды, как *Penicillium canescens*, *P. citrinum*, *P. chrysogenum*, *P. dierckxii*, *P. herquei*, *P. implicatum*, *P. ochrochloron*, *P. sclerotiorum*, *P. simplicissimum*, *P. thomii* и *P. waksmanii*. Все перечисленные виды отмечены с разной частотой встречаемости, представлены достаточно обильно. Общим видом для всех трех местообитаний был только *P. thomii*, который по данным (Domsch et al., 2007) присутствует во всех микромицетных сообществах кислых почв и в каждом из исследуемых местообитаний представлен обильно. Отмеченные как случайные *P. glabrum*, *P. spinulosum* и *P. verrucosum* широко распространены в почвах северных областей, считаются эвритопными видами, *P. velutinum* — нераспространенный и редко встречающийся вид для северных регионов (Domsch et al., 2007).

Распространены представители рода *Trichoderma* — типичные почвенные сапротрофы (Domsch et al., 2007). На Дальнем Востоке имеют широкую представленность *T. koningii*, *T. viride* и *T. virens* (Aleksandrova, 2000), к редко встречаемым видам нами отнесен *T. aureoviride*. Нами же данный вид отмечен как частый, встречается повсеместно. Вид *T. asperellum*, более характерный для южных областей России, нами обнаружен единичной находкой.

Представители рода *Aspergillus* были обнаружены в почвах двух хребтов. Как редкие виды отмечены *A. flavus* и *A. ustus*. Вид *A. versicolor*, который является типичным для северных и умеренных широт, представлен обильно. Столь незначительная доля грибов этого рода объясняется их приуроченностью к почвам более южных широт, тогда как в почвах северных и умеренных широт их численность может возрастать либо в условиях антропогенных воздействий, либо в более глубоких минеральных горизонтах (Marfenina, 2005).

Микроорганизмы, в том числе микромицеты, обладают широкой экологической амплитудой — одни и те же или близкие виды могут встречаться в различных географических зонах и поясах. Например, термотолерантный вид *A. flavus*, выделенный из почвы Селемджинского хребта, не является редкостью для мерзлотно-таежных почв (Егорова, 1974). Неоднородность изолятов, обусловленная физиолого-биохимическими свойствами (ферментативная активность, отношение к температуре и др.), расширяет адаптационные возможности вида и позволяет ему существовать в экстремальных условиях (Vlasov, 2011). *A. flavus* адаптирован к росту в широком температурном диапазоне (12–48°C), что, вероятно, и позволяет ему существовать как в безледниковом антарктическом озере, почвах Аляски или Памира на высоте 4000 м, так

и в тропическом и субтропическом климате (Domsch et al., 2007). Рост термофильных грибов может проходить в поверхностных слоях почвы, нагреваемых за счет тепловой энергии солнца до необходимой им для роста температуры. Даже кратковременное действие повышенных температур в северных широтах может способствовать появлению термотолерантных видов грибов. Обычно термофильная группа немногочисленна по количеству видов, но является постоянным компонентом почвенных микоценозов (Zhdanova, Vasilovskaya, 1982; Bilay et al., 1984).

Среди выделенных грибов есть космополитные, широко распространенные виды на разных субстратах (гниющих растительных и животных остатках, древесине, в почве) и в разных климатических условиях — *Chaetomium globosum*, *Clonostachys rosea*, *Paraphaeosphaeria sporulosa*, *Paraphoma chrysanthemicola*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Ulocladium consortiale* и др. Обильно представлен в почвах хребтов Джагды и Селемджинский психротолерантный вид *Pseudogymnoascus pannorum* — доминант грибных комплексов арктических почв и грунтов вечной мерзлоты (Kirtsideli, 2009). Виды рода *Oidiodendron*, способные к разрушению сфагновых мхов, известны как обычные обитатели торфяников (Grum-Grzhimailo, Bilanenko, 2012) и почв хвойных лесов (Terekhova, 2007). Для *Humicola grisea* характерна широкая распространенность в мерзлотно-таежных почвах, с высокой частотой встречаемости данный гриб отмечен в почве хребта Джагды. Вид *Lecanicillium lecanii*, доминирующий в почве Селемджинского хребта, характерен для почв северной и средней тайги.

Обнаруженные виды микромицетов характеризуются не только разным отношением к температуре, но и относятся к разным эколого-трофическим группам, выделяемым по предпочтению субстрата как основного источника питания. Большинство сапротрофных микромицетов развиваются в почве и на растительных остатках. Это в первую очередь представители родов *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Humicola*, *Mucor*, *Penicillium*, *Talaromyces*, *Trichoderma* и др.

Значительным числом видов представлены факультативно фитопатогенные грибы из родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Paraphoma*, способные как к сапротрофному развитию на растительных остатках, так и к активному поражению древесных и кустарниковых растений. Это типичные почвенные микроскопические грибы, не имеющие определенной географической приуроченности и распространенные от полярных пустынь до экваториальной зоны (David, 1997). Встречаются и энтомопатогены, например, виды *Beauveria bassiana* и *Lecanicillium lecanii* известны не только как обычные обитатели почв, но и как патогены для широкого круга насекомых, в частности, кровососущих комаров, которых много в исследуемом районе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из буро-таежных грубогумусовых почв северо-востока Амурской обл. было выделено 52 вида микроскопических грибов из 21 рода. Большая часть изолятов отнесена к отделу *Ascomycota*, в котором преобладали анаморфные грибы и только один вид способен к образованию телеоморфы в культуре. Отдел включает виды из 6 порядков: *Capnodiales*, *Eurotiales*, *Hypocreales*, *Pleosporales*, *Sordariales*, *Amphisphaeriales* и группу неопределенного таксономического положения (*Incertae sedis*). Отдел *Mucoromycota* немногочислен, выделено 3 вида из трех родов и двух порядков: *Mucorales* и *Mortierellales*.

Комплексы почвенных микромицетов представлены преобладающим количеством частых и редких видов. Группу доминантов в буро-таежных грубогумусовых почвах северо-востока Амурской обл. составили 4 вида микромицетов: *Lecanicillium lecanii*, *Penicillium sclerotiorum*, *P. waksmanii* и *Talaromyces funiculosus*, которые преобладали хотя бы в одном из исследуемых местообитаний. Повсеместно встречались такие эвритопные виды как *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium thomii*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Talaromyces funiculosus*, *Trichoderma aureoviride* и *T. koningii*. Во всех исследуемых комплексах микромицетов преобладали грибы рода *Penicillium*. Впервые на территории Дальневосточного региона были отмечены такие виды как *Alternaria embellisia*, *Discosia brasiliensis* и *Paraphaesphaeria sporulosa*.

На относительно небольшой территории и в одинаковых климатических условиях для каждого из изученных местообитаний выявлена значительная неоднородность состава комплексов микромицетов, что свидетельствует о высоком видовом разнообразии микоценозов буро-таежных грубогумусовых почв в горных районах северо-востока Амурской обл. Микобиота представлена не только разными эколого-трофическими группами, видами характерными для умеренных и холодных регионов, но и грибами, приуроченными именно к природно-климатической зоне дальневосточного региона.

Выявленный видовой состав микромицетов в буро-таежных почвах нельзя считать полным как из-за пространственной ограниченности исследований, так и вследствие вариабельности видового богатства и структуры грибных сообществ в зависимости от разных факторов — типа растительности, состава горных пород, сезонной динамики температуры и влажности, изменений физико-химических свойств среды обитания в процессе деградации растительных остатков и т.д. Поэтому дальнейшие исследования почвообитающих грибов в почвах Амурской обл. остаются весьма актуальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Aleksandrova A.V.* Fungi of the genus *Trichoderma* Pers.: Fr. Taxonomy, geographical distribution and environmental features. PhD Thesis. Moscow, 2000 (in Russ.).
- Alexandrova A.V.* Soil-inhabiting microfungi: geography and ecology. Dr. Sci. Thesis. Moscow, 2013 (in Russ.).
- Babyeva I.P., Zenova G.M.* Soil biology. Moscow, 1989 (in Russ.).
- Bilay V.I., Ehllanskaya I.A., Kirilenko T.S.* Soils micromycetes. Kiev, Naukova Dumka, 1984 (in Russ.).
- Dai Y.-C., Cui B.-K., Si J., He Sh.-H., Hyde K.D., Yuan H.-Sh., Liu X.-Y., Zhou L.-W.* Dynamics of the worldwide number of fungi with emphasis on fungal diversity in China. Mycol. Progress. 2015. V. 14. P. 62. <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1084-5>
- David J.C.* A contribution to the systematic of *Cladosporium*: Revision of the fungi previously referred to *Heterosporium*. Mycol. Pap. 1997. V. 172. P. 1–157.
- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.-H.* Compendium of soil fungi. Eching, IHW-Verlag, 2007.
- Egorov V.V., Fridland V.M., Ivanov E.N.* Classification and diagnostics of the soils of the USSR. Moscow, Kolos, 1977 (in Russ.).
- Egorova L.N.* Micromycetes in the soils of coniferous forests of the Khabarovsk Territory. Mikologiya i fitopatologiya. 1974. V. 8 (2). P. 90–94 (in Russ.).
- Egorova L.N., Shcherbakova L.A., Shapoval G.I.* Forest and meadow soil microflora of Zeya Reserve of Amur region In: Cryptogamic plants of the Soviet Far East. FEB AS USSR. 1974. V. 22 (125). P. 113–122 (in Russ.).
- Egorova L.N.* Soils Fungi Far East: *Hyphomycetes*. Leningrad, Nauka, 1986 (in Russ.).
- Egorova L.N.* Soil ascomycetes of the Russian Far East. Mikologiya i fitopatologiya. 2003. V. 37 (2). P. 13–21.
- Egorova L.N., Kovaleva G.V.* The structure of micromycetes communities in natural and anthropogenically disturbed brown forest soils of the Muravyev-Amursky peninsula (Southern Primorye). Mikologiya i fitopatologiya. 2011. V. 45 (2). P. 125–131 (in Russ.).
- Fungi, lichens, algae and bryophytes of the Komsomolsk Reserve (Khabarovsk territory). Vladivostok, FEB AS USSR, 1989 (in Russ.).
- Gadd G.M.* Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation. Mycol. Res. 2007. V. 111 (1). P. 3–49. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.12.001>
- Gams W.* Biodiversity of soil-inhabiting fungi. Biodivers. Conserv. 2007. V. 16. P. 69–72. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9121-y>
- Golovchenko A.V., Kurakov A.V., Semenova T.A., Zvyagintsev D.G.* Abundance, diversity, viability, and factorial ecology of fungi in peatbogs. Eurasian Soil Science. 2013. V. 46 (1). P. 74–90. <https://doi.org/10.1134/S1064229313010031>
- Grishkan I.B.* Mycobiota and the biological activity of soils of the upper Kolyma. Vladivostok, Dalnauka, 1997 (in Russ.).
- Grum-Grzhimailo O.A., Bilanenko E.N.* The micromycete complexes of bogs at the Kandalaksha bay of the White sea. Mikologiya i fitopatologiya. 2012. V. 46 (5). P. 297–304 (in Russ.).
- Guzman G.* Inventorying the fungi of Mexico. Biodivers. Conserv. 1998. V. 7. P. 369–384.
- Hawksworth D.L.* The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. Mycol. Re-

- search. 1991. V. 95 (6). P. 641–655.
[https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80810-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80810-1)
- Jiang N., Li Y., Zheng Ch., Chen L., Wei K., Feng J., Tian J. Characteristic microbial communities in the continuous permafrost beside the bitumen in Qinghai-Tibetan Plateau. *Environ. Earth. Sci.* 2015. V. 74. P. 1343–1352.
<https://doi.org/10.1007/s12665-015-4124-1>
- Khristoforova N.K. Ecological problems of the region: the Far East – Primorye. Vladivostok, 2005 (in Russ.).
- Kirilenko T.S. Atlas of genera of soil fungi. Kiev, Naukova dumka, 1977 (in Russ.).
- Kirtsideli I. Yu., Tomilin B.A. Soil micromycetes from Northern Land Archipelago. *Mikologiya i fitopatologiya.* 1997. V. 31 (6). P. 1–6 (in Russ.).
- Kirtsideli I. Yu. Soil microfungi of the Barents sea coast (near Varandey settlement). *Novosti sistematiki nizshih rasteniy.* 2009. V. 43. P. 113–121 (in Russ.).
- Kirtsideli I. Yu. Microscopic fungi in soils and earths of arctic mountain systems. *Biosfera.* 2016. V. 8 (1). P. 63–78 (in Russ.).
- Kurakov A.V. Methods for isolating and characterizing complexes of microscopic fungi of terrestrial ecosystems: a teaching aid. Moscow, 2001 (in Russ.).
- Logares R., Lindstroöm E.S., Langenheder S. et al. Biogeography of bacterial communities exposed to progressive long-term environmental change. *ISME.* 2012. V. 1 (12). P. 937–948.
<https://doi.org/10.1038/ismej.2012.168>
- Manoharachary C., Sridhar K., Singh R. et al. Fungal biodiversity: distribution, conservation and prospecting of fungi from India. *Current Sci.* 2005. V. 89 (1). P. 58–71.
- Magarran A.E. Ecological diversity and its measurement. Moscow, 1992 (in Russ.).
- Marfenina O.E. Anthropogenic ecology of soil fungi. Moscow, 2005 (in Russ.).
- Mel'nik V.A., Aleksandrova A.V., Novozhilov Yu.K., Popov E.S., Morozova O.V., Kuznetsov A.N., Kovalenko A.E. Anamorphic fungi of Vietnam. VII. *Mikologiya i fitopatologiya.* 2015. V. 49 (4). P. 226–233 (in Russ.).
- Mirchink T.M., Stepanova L.N., Marfenina O.E., Ozer-skaya S.M. Characterization of the type of complexes of fungi micromycetes of some soils of the Soviet Union. *Vestnik MGU.* 1981. V. 1. P. 35–39 (in Russ.).
- Mueller G.M., Schmit J.P. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodivers. Conserv.* 2007. V. 16. P. 1–5.
<https://doi.org/10.1007/s10531-006-9117-7>
- Naprasnikov A.T., Bogoyavlenskij B.A., Bufal V.V. Hydroclimatic resources of the Amur Region. Blagoveshchensk, 1983 (in Russ.).
- Nikitin D.A., Marfenina O.E., Maksimova I.A. Application of succession approach for the investigations of the species composition of microfungi and fungal biomass in Antarctic soils. *Mikologiya i fitopatologiya.* 2017. V. 54 (4). P. 211–219 (in Russ.).
- Piepenbring M. Inventoring the fungi of Panama. *Biodivers. And Conserv.* 2007. V. 16. P. 73–84.
<https://doi.org/10.1007/s10531-006-9051-8>
- Raper K.B., Thom C. A Manual of the *Penicillia*. New York, Hefner Publishing Co, 1968.
- Terekhova V.A. Micromycetes in ecological evaluation of aquatic and terrestrial ecosystems. Moskva, Nauka, 2007 (in Russ.).
- Shumilova L.P., Kuimova N.G., Terekhova V.A., Aleksandrova A.V. Diversity and structure of fungal communities in soils of Blagoveshchensk city. *Mikologiya i fitopatologiya.* 2014. V. 48 (4). P. 240–247 (in Russ.).
- Shchelchikova M.V., Struchkova L.K. Microbiological characterization of the Central Yakutia frozen steppe and meadow soils. *Vestnik SVFU.* 2016. V. 2 (52). P. 41–52 (in Russ.).
- Tedersoo L., Bahram M., Pölme S. et al. Global diversity and geography of soil fungi. *Science.* 2014. V. 346 (6213). P. 1256688.
<https://doi.org/10.1126/science.1256688>
- Tischer K., Kleinsteuber S., Schleinitz K.M. et al. Microbial communities along biogeochemical gradients in a hydrocarbon-contaminated aquifer. *Environmental Microbiology.* 2013. V. 15 (9). P. 2603–2615.
<https://doi.org/10.1111/1462-2920.12168>
- Vlasov D. Yu. Microscopic fungi in extreme habitats: biodiversity and interactions. *Biosfera.* 2011. V. 3 (4). P. 479–492 (in Russ.).
- Zhdanova N.N., Vasilevskaya A.I. Fungal extreme ecology in nature and experiment. Kiev, Naukova Dumka, 1982 (in Russ.).
- Aleksandrova A.V. (Aleksandrova) Грибы рода *Trichoderma* Pers.: Fr. Таксономия, географическое распространение и экологические особенности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2000. 20 с.
- Aleksandrova A.V. (Aleksandrova) Почвообитающие микроскопические грибы: география и экология. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2013. 50 с.
- Бабьева И.П., Зенова Г.М. (Babyeva, Zenova) Биология почв. М.: МГУ, 1989. 249 с.
- Билай В.И., Элланская И.А., Кириленко Т.С. (Bilay et al.) Микромитеты почв. Киев: Наукова Думка, 1984. 264 с.
- Власов Д.Ю. (Vlasov) Микроскопические грибы в экстремальных местообитаниях: биологическое разнообразие и сущность взаимодействий // Биосфера. 2011. № 3 (4). С. 479–492.
- Грибы, лишайники, водоросли и мохообразные Комсомольского заповедника (Хабаровский край) (Fungi...) / Отв. ред. З.М. Азбукина, В.Я. Черданцев. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 144 с.
- Гришкан И.Б. (Grishkan) Микобиота и биологическая активность почв верховий Колымы. Владивосток: Дальнаука, 1997. 136 с.
- Грум-Гржимайло О.А., Биланенко Е.Н. (Grum-Grzhimailo, Bilanenko) Комплексы микромитетов верховий болот побережья Кандалякского залива Белого моря // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46, вып. 5. С. 297–304.
- Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванов Е.Н. (Egorov et al.) Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 214 с.
- Егорова Л.Н. (Egorova) Микромитеты в почвах хвойных лесов Хабаровского края // Микология и фитопатология. 1974. Т. 8, № 2. С. 90–94.
- Егорова Л.Н., Шербакова Л.А., Шановал Г.И. (Egorova et al.) Микофлора лесных и луговых почв Зейского заповедника Амурской области // Споры растений советского Дальнего Востока. Владивосток, 1974. Т. 22 (125). С. 113–122.
- Егорова Л.Н. (Egorova) Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомитеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.
- Егорова Л.Н., Ковалева Г.В. (Egorova, Kovaleva) Структура сообществ микромитетов в естественных и антропогенно нарушенных бурых лесных почвах полуострова Муравьева-Амурского (Южное Приморье) //

- Микология и фитопатология. 2011. Т. 45, № 2. С. 125–131.
- Жданова Н.Н., Василевская А.И. (Zhdanova, Vasilevskaia) Экстремальная экология грибов в природе и эксперименте. Киев: Наукова думка, 1982. 168 с.
- Кириленко Т.С. (Kirilenko) Атлас родов почвенных грибов. Киев: Наукова думка, 1977. 126 с.
- Кирицели И.Ю., Томилин Б.А. (Kirtsideli, Tomilin) Почвенные микромицеты архипелага Северная Земля // Микология и фитопатология. 1997. Т. 31. № 6. С. 1–6.
- Кирицели И.Ю. (Kirtsideli) Почвенные микроскопические грибы прибрежного района Баренцева моря (окрестности поселка Варандей) // Новости систематики низших растений. 2009. Т. 43. С. 113–121.
- Кирицели И.Ю. (Kirtsideli) Микроскопические грибы в почвах и грунтах арктических горных систем // Биосфера. 2016. Т. 8. № 1. С. 63–78.
- Кураков А.В. (Kurakov) Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем: учебно-методическое пособие. М.: МАКС Пресс, 2001. 92 с.
- Марфенина О.Е. (Marfenina) Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
- Мегарран Э. (Magurran) Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.
- Мельник В.А., Александрова А.В., Новожилов Ю.К., Попов Е.С., Морозова О.В., Кузнецов А.Н., Коваленко А.Е. (Mel'nik et al.) Анаморфные грибы Вьетнама. VII // Микология и фитопатология. 2015. Т. 48, № 4. С. 226–233.
- Мирчинк Т.М., Степанова Л.Н., Марфенина О.Е., Озерская С.М. (Mirchink et al.) Характеристика типа комплексов грибов микромицетов некоторых почв Советского Союза // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. 1981. № 1. С. 35–39.
- Напрасников А.Т., Богоявленский Б.А., Буфал В.В. и др. (Naprashnikov et al.) Гидроклиматические ресурсы Амурской области. Благовещенск: Хабаровское кн. изд-во, 1983. 66 с.
- Никитин Д.А., Марфенина О.Е., Максимова И.А. (Nikitin et al.) Использование сукцессионного подхода при изучении видового состава микроскопических грибов и содержания грибной биомассы в антарктических почвах // Микология и фитопатология. 2017. Т. 54, № 4. С. 211–219.
- Терехова В.А. (Terekhova) Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007. 215 с.
- Христофорова Н.К. (Khristoforova) Экологические проблемы региона: Дальний Восток – Приморье. Владивосток, Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 2005. 304 с.
- Шумилова Л.П., Куимова Н.Г., Терехова В.А., Александрова А.В. (Shumilova et al.) Разнообразие и структура комплексов микроскопических грибов в почвах города Благовещенска // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48, № 4. С. 240–247.
- Щелчкова М.В., Стручкова Л.К. (Shchelchkova, Struchkova) Микробиологическая характеристика мерзлотных степных и луговых почв центральной Якутии // Вестник СВФУ, 2016. № 2 (52). С. 41–52.

Species Diversity of Cultivated Micromycetes in the Brown Taiga Soils of the North-East Amur Region

L. P. Shumilova^{a,#} and L. M. Pavlova^a

^a Institute of Geology and Nature Management Far Eastern Branch RAS, Blagoveshchensk, Russia

[#]e-mail: shumilova.85@mail.ru

The northern mountainous areas of the Far East in regard to mycologically poorly studied. In a long-term research, the species composition of cultivated microscopic fungi in the brown-taiga coarse-humus soils of the Amur Region northeast mountainous areas has been studied. The soils of the Dzhagdy, Selemdzhinskiy and Ezop ranges are studied. The 52 species from 21 genera and 2 divisions are selected. The *Mucromycota* division is represented by three species of three genera and two phylum. Most of the isolated fungi belong to the *Ascomycota* division, which is represented by 6 phylum and the group of uncertain taxonomic position (*Incertae sedis*). The most multitudinous phylum *Eurotiales* contains the multi-species genus *Penicillium*. The soil micromycetes complexes are represented by the prevalent number of frequent and rare species. The dominant group in the brown-taiga coarse-humus soils is consisted of 4 micromycetes species: *Lecanicillium lecanii*, *Penicillium sclerotiorum*, *P. waksmanii*, and *Talaromyces funiculosus*. Eurytopic species *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium thomii*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Talaromyces funiculosus*, *Trichoderma aureoviride*, and *T. koningii* are commonly found. In all studied micromycete complexes, genus *Penicillium* fungi are prevailed. Species diversity, estimated by the Shannon index, was high in the soils of all studied habitats. The Sørensen index indicated a slight similarity between the habitats: Ezop and Selemdzhinskiy – 0.54, Dzhagdy – Ezop – 0.44, and Dzhagdy – Selemdzhinskiy – 0.38. For the first time, *Alternaria embellisia*, *Discosia brasiliensis*, and *Paraphaesphaeria sporulosa* are isolated on the territory of the Far East. On the relatively small area and under the same climate conditions, for each of the habitats studied, the heterogeneity composition of micromycete complexes is revealed, which indicates a high species diversity of the mycocenosis of brown-taiga coarse-humus soils in the Amur Region northeast mountainous areas.

Key words: biological diversity, cultivated microscopic fungi, mountain brown taiga soil, the structure of micromycete complexes