

Вертикальное распределение сообществ эпифитных миксомицетов на древесных растениях-интродуцентах в Сибири

А. В. ВЛАСЕНКО¹, М. А. ТОМОШЕВИЧ¹, Б. П. ЧЕЛОБАНОВ^{2, 3}

¹ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
E-mail: anastasiatix81@mail.ru

²ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН
630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 8

³ФГАОУВО Новосибирский государственный университет
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

Статья поступила 17.02.2023

После доработки 27.02.2023

Принята к печати 01.03.2023

АННОТАЦИЯ

Изучено таксономическое разнообразие эпифитных миксомицетов в зависимости от высоты ствола на живых древесных растениях в арборетуме Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Все образцы миксомицетов получены при помощи культивирования методом влажных камер в лаборатории в чашках Петри. Отбор проб коры с живых древесных растений проводился на высоте стволов от 0 до 15 м от уровня почвы. В эксперименте участвовали девять видов лиственных древесных растений-интродуцентов: *Fraxinus pennsylvanica*, *Prunus maackii*, *Populus alba*, *Salix alba*, *S. pentandra*, *S. triandra*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Junglans mandshurica*. В результате анализа данных выявлен 51 вид миксомицетов. Отмечено, что видовой состав миксомицетов на изученных древесных растениях значительно отличается от такового на аборигенных породах деревьев, произрастающих на территории ботанического сада. Выявлены предположительно два новых вида для науки из родов *Arcyria* и *Trichia*, три вида – новые для России (*Didymium clavodecus*, *D. ovoideum*, *D. synsporon*), восемнадцать видов – новые для Новосибирской области. На коре, собранной у корней деревьев, обнаружено 25 видов миксомицетов, на высоте 1,5 м – 18, на высоте 5 м – 32, на высоте 10 м – 14, на высоте 15 м – 17 видов. Установлено изменение таксономического состава сообществ миксомицетов в зависимости от высоты ствола. Представители рода *Perichaena* встречаются на всех высотах, но наибольшее видовое разнообразие отмечено в прикорневой части, где собрано 7 видов, тогда как виды рода *Didymium* имеют максимальное видовое разнообразие (6 видов) на высоте 5 м, включая три новых для России вида, выявленных только на этой высоте. Распределение числа собранных образцов по высотам показало, что наиболее обильно заселена кора живых древесных растений на высоте 5 м (72 образца) и в прикорневой части (50 образцов).

Ключевые слова: вертикальная структура сообществ, грибообразные протисты, арборетум, растения-интродуценты, новые для России виды, сканирующая электронная микроскопия, слизевики, экология, эпифиты.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы значительно возрос интерес к изучению распределения эпифитных организмов в зависимости от физико-химических свойств их микроместообитаний. Эпифитные организмы, заселяющие складки коры живых древесных растений, распределены по высоте стволов неравномерно, например, мхи предпочитают заселять нижние части стволов, тогда как лишайники могут встречаться как в нижней части стволов, так и на любой другой высоте, например, на тонких ветвях кроны дерева. В 2006 г. выявлена корреляция влагоемкости коры *Pinus strobus* L. в зависимости от высоты ствола над уровнем земли. Отмечено, что фактор доступности влаги имеет важное значение для распределения сообществ эпифитных видов лишайников и мхов. Влагоемкость коры на нижней части ствола дерева может почти в 2 раза превышать таковую в верхней части [Levia, Wubbena, 2006].

В 2007 г. в Национальном парке Грейт-Смоки-Маунтинс (Great Smoky Mountains National Park) изучен экологический и таксономический состав лишайников на четырех видах древесных растений: *Abies fraseri* (Pursh) Poir., *Fraxinus americana* L., *Liquidambar styraciflua* L., *Tilia americana* L. Отмечено, что видовое богатство лишайников зависит как от вида древесного растения, так и расположения микроместообитания на стволе дерева [Fanning et al., 2007].

Интересной группой для изучения влияния условий микроместообитаний на видовое богатство являются миксомицеты. Миксомицеты – это монофилитическая группа свободноживущих амeboидных протистов. Миксомицеты, или, как еще их называют, слизевики, обитают во всех наземных биотопах, где есть подходящие для них субстраты – живые травянистые, древесные растения или/и растительные остатки (листовой и хвойный опад, шишки хвойных древесных растений, гнилая древесина, помет растительноядных животных и т. п.) [Stephenson, 2004; Rollins, Stephenson, 2011; Loganathan, 2016]. В настоящее время в мире выявлено порядка 1000 морфовидов миксомицетов, в России – более 450 видов, в Новосибирской области – 138 видов [Internet source 1].

Считается, что слизевики – это наиболее многочисленные амeboидные протисты из оби-

тающих в почве [Urich et al., 2008]. Миксомицеты через трофические связи активно влияют на состав и численность бактерий в почве, а также поддерживают оптимальное соотношение между бактериальным и грибным процессом разложения органического вещества. В 1 г почвы может содержаться 10^4 – 10^7 спор миксомицетов [Madelin, 1984]. В настоящее время есть сведения о том, что миксомицеты продуцируют внеклеточную амилазу и способны разрушить полисахариды растительной ткани (целлюлоза, пектин и лигнин) [Madelin, 1984; Mubarak, Kalyanasundaram, 1991; Lima, Cavalcanti, 2015]. В свою очередь слизевики являются важным звеном пищевых цепей, например, вегетативная и генеративная стадии жизненного цикла миксомицетов служат для насекомых пищей и убежищем [Blackwell et al., 1984; Stephenson, Stempen, 1994]. Плодовые тела миксомицетов могут иметь как яркую, хорошо заметную даже в полевых условиях окраску, так и неяркую светлую окраску или вовсе сливаться по цвету с субстратом, на котором они обитают, что существенно затрудняет их поиск в природе. Поэтому для выявления миксомицетов принято использовать не только метод сбора их плодовых тел в природе, но и метод влажных камер, основанный на изоляции миксомицетов на природных субстратах в лаборатории в чашках Петри.

Миксомицеты по местообитанию можно разделить на четыре субстратных комплекса: ксилобионтные, подстилочные, копробионтные и эпифитные. Миксомицеты ксилобионтного субстратного комплекса чаще всего можно обнаружить в естественных лесных сообществах, а также в различных древесных посадках, например, парках, снегозадерживающих насаждениях. Ксилобионтные слизевики развиваются на валежных стволах деревьев, отпавших гниющих ветках деревьев, пнях, старых плодовых телах трутовых грибов [Stephenson, 1988; Vlasenko et al., 2018b].

Миксомицеты подстилочного субстратного комплекса широко распространены как в лесных сообществах, где они активно заселяют хвойный и лиственный опад, так и в степях, где их можно обнаружить на опаде полыни, злаков и других растений. Копробионтные миксомицеты обитают на выветрившемся помете растительноядных животных [Власенко и др., 2017].

Особую группу занимают эпифитные миксомицеты, развивающиеся в складках коры живых древесных растений, так как они весь жизненный цикл, от плазмодия до образования спорокарпов и рассеивания спор, проводят на одном древесном растении. Эпифитные миксомицеты Сибири до сих пор остаются недостаточно изученной группой, о чем свидетельствует обнаружение за последние годы сразу нескольких редких [Vlasenko et al., 2019b, 2022; Vlasenko, Vlasenko, 2020] и новых для науки видов миксомицетов [Vlasenko et al., 2018a, 2019a, 2020].

Первые широкомасштабные исследования, посвященные изучению влияния абиотических факторов на видовой состав эпифитных миксомицетов, проведены финским микологом Марьей Хекконен (Maria Härkönen) в конце XX в. Отмечено, что на видовое богатство и распространение эпифитных миксомицетов наибольшее влияние оказывают следующие свойства микроместообитания: температура, влажность, освещенность, кислотность и гигроскопичность субстрата [Härkönen, 1977, 1978, 1981; Härkönen, Ukkola, 2000].

Как правило, для выявления видового разнообразия эпифитных миксомицетов стандартно собирают кору с живых древесных растений на высоте 1,5 м. Одним из интересных и перспективных направлений является изучение корреляции видового состава миксомицетов в зависимости от высоты на стволе, где была собрана кора.

В 2006 г. в прибрежном лиственном лесу в Лейпциге (Германия) изучены сообщества эпифитных миксомицетов, обитающих в пологе живых лиственных деревьев. Выявлено 32 вида миксомицетов [Schnittler et al., 2006].

В 2000 и 2001 гг. в Национальном парке Грейт-Смоки-Маунтинс (Great Smoky Mountains National Park) отобрана кора живых древесных растений для изучения распределения эпифитных миксомицетов на пяти породах древесных растений: *Acer rubrum* L., *Fraxinus americana* L., *Liriodendron tulipifera* L., *Pinus strobus* L., *Quercus alba* L. Кору для изоляции миксомицетов методом влажных камер собирали с шагом 3 м от основания стволов до верхушек деревьев. Идентифицировано 84 вида миксомицетов, в том числе 30 видов отмечено впервые. Результаты экологического анализа показали, что состав сообществ

миксомицетов среди выбранных пород деревьев был сходным, но встречаемость и обилие определенных видов были связаны с различиями pH коры. Показано, что влагоудерживающая способность коры не может быть соотнесена с видовым богатством или обилием миксомицетов, обитающих на коре живых деревьев [Snell, Keller, 2003].

Также эпифитные миксомицеты в кронах деревьев изучались на юго-востоке США. Были проанализированы встречаемость и распределение видов миксомицетов в кронах шести видов деревьев: *Acer saccharum* Marshall, *Fraxinus americana* L., *Liquidambar styraciflua* L., *Liriodendron tulipifera* L., *Platanus occidentalis* L., *Tsuga canadensis* (L.) Carrière, и в соседних виноградных лозах *Vitis aestivalis* Michx. и *V. vulpina* L. Выявлено 44 вида миксомицетов. Отмечено, что изменений видового богатства миксомицетов в зависимости от высоты не наблюдалось, за исключением видов, обнаруженных на коре *Platanus occidentalis*. Авторы объясняют это изменением структуры коры *P. occidentalis* на разной высоте стволов [Everhart et al., 2008].

В России подобных исследований ранее не проводилось.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эпифитные миксомицеты собирали на территории арборетума Центрального сибирского ботанического сада СО РАН с живых древесных растений в 2017 г. с мая по август. Для изучения видового состава и обилия кортикулоидных миксомицетов была собрана кора следующих видов древесных растений: *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Prunus maackii* Rupr., *Populus alba* L., *Salix alba* L., *S. pentandra* L., *S. triandra* L., *Sorbus aucuparia* L., *Tilia cordata* Mill., *Juglans mandshurica* Maxim. Все древесные растения являются интродуцентами, завезенными на территорию ботанического сада в период с 1966 по 1993 г.

Отбор проб коры производился на разных высотах ствола дерева: 0 м – прикорневая часть ствола, 1,5 м – стандартная высота, на которой принято брать пробы для изучения эпифитных миксомицетов, 5, 10 и 15 м. С веточек в кроне деревьев пробы субстратов не отбирались.

Метод влажных камер является основным при выявлении миксомицетов эпифитного комплекса, так как заметить мелкие и неярко окрашенные виды слизевиков в складках коры в полевых условиях практически невозможно. Данный способ основан на наличии в жизненном цикле миксомицетов микроцист и склероциев, которые формируются из миксамеб, зооспор и плазмодиев при недостатке влаги в окружающей среде и субстрате. В отличие от спор, микроцисты и склероции плотно прикреплены к поверхности конкретного субстрата и не переносятся потоками воздуха на другие субстраты. Таким образом, миксомицеты, выращенные методом влажных камер, могут быть маркерами наличия в биотопах активных трофических стадий этих видов [Новожилов, 2005]. Впервые данный метод был использован в Шотландии Р. В. Краном [Lister, 1933], однако наибольшее распространение он получил после работы Х. Джильберта и Дж. Мартина [Gilbert, Martin, 1933]. В России данный метод впервые опробовал Ю. К. Новожилов в 1985 г.

Мы применяли модифицированную методику культивирования, описанную нами ранее [Vlasenko et al., 2018a]. В качестве влажных камер использовали стеклянные чашки Петри диаметром 10 см. Поиск плодовых тел миксомицетов во влажных камерах проводили с помощью бинокулярной лупы. Первый раз культуры просматривали на 3-й день, а затем каждый 7-й день. Культивирование проводилось в течение 180 дней. Это более длительное время культивирования, чем принято в стандартной методике. Такой длительный период культивирования связан с тем, что в отдельных чашках Петри даже по истечении двух месяцев сохранялись жизнеспособные плазмодии. Всего проведено 315 опытов с влажными камерами.

Для морфологического анализа использовали стереомикроскоп Carl Zeiss Stemi DV4 и световой микроскоп Carl Zeiss Axiolab. Детальное изучение морфологических особенностей спорокарпов миксомицетов проводили с помощью сканирующей электронной микроскопии Carl Zeiss EVO MA 10 и Carl Zeiss EVO. Образцы плодовых тел миксомицетов для сканирующей электронной микроскопии готовили следующим образом: спорокарпы миксомицетов закрепляли на алюминиевые столики

с помощью токопроводящей клейкой ленты. На столики в вакуумном испарителе наносили золотое покрытие. Затем образцы с металлическим покрытием рассматривали и фотографировали с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Значение pH коры измеряли с помощью pH-метра Biomer Nitron-pH с комбинированным электродом Mettler Toledo InLab Surface для поверхностных измерений.

Собранные во влажных камерах образцы миксомицетов с кусочками субстрата приклеивали клеем на дно пустых спичечных коробков. На крышку коробка приклеивали уникальный баркод гербария им. М. Г. Попова (NSK). Сведения обо всех образцах внесены в базу данных в программе Excel с указанием вида, рода, семейства, порядка, вида древесного растения, высоты, с которой была собрана кора древесного растения, кислотности субстрата (pH), даты появления спорокарпов, географических координат.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенных исследований собрано и проанализировано 222 гербарных образца. Всего на девяти видах древесных растений нами выявлен 51 вид миксомицетов. Ниже приведен список видов новых для территории России (3 вида) и Новосибирской области (18), который включает название таксона, авторов таксона, в скобках номер гербарного образца, вид древесного растения, на котором он был выявлен, и высота, с которой была собрана кора для изоляции миксомицетов методом “влажных камер”.

На коре живых древесных растений *Prunus maackii* выявлен предположительно новый вид миксомицетов из рода *Arcyria*, а на коре *Salix pentandra* – из рода *Trichia*.

Новые для России миксомицеты: *Didymium clavodecus* K. D. Whitney (NSK 1016325, *Tilia cordata*, 5 м), *D. ovoideum* Nann.-Bremek., (NSK1016322, *Populus alba*, 5 м), *D. synsporon* T. E. Brooks et H. W. Keller (NSK1030537, *Salix pentandra*, 5 м) (рис. 1).

Новые для Новосибирской области миксомицеты: *Badhamia nitens* Berk. (NSK1016292, *Salix pentandra*, 10 м), *Comatricha elegans* (Racib.) G. Lister (NSK1016232, *Sorbus aucuparia*, 0 м), *C. pulchella* (C. Bab.) Rostaf.

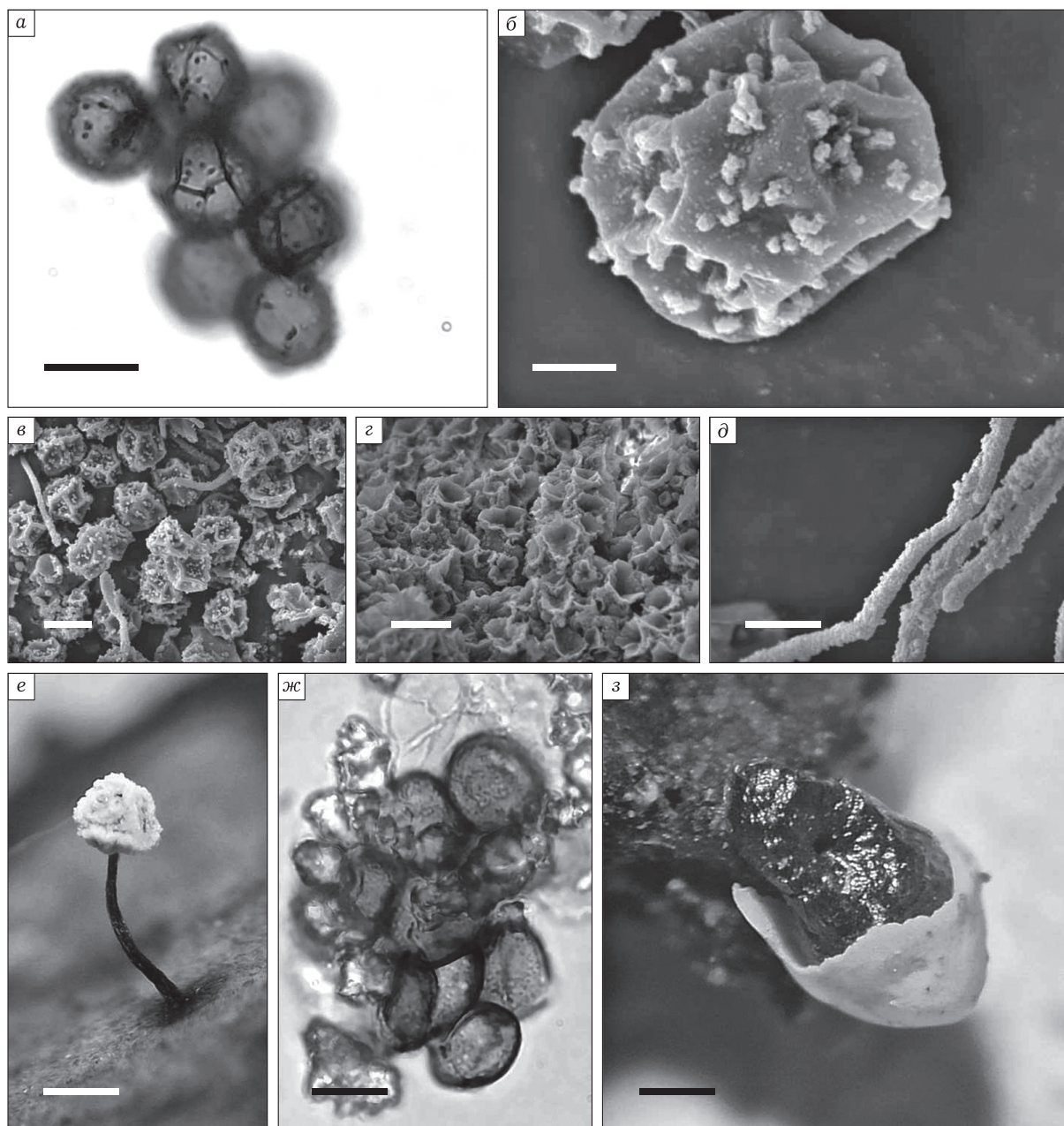


Рис. 1. *Didymium clavodecuss*: а – споры (СМ), б – спора (СЭМ), в – споры (СЭМ), з – кристаллы известии на перидии, д – нити капиллиция (СЭМ), е – спорангий *D. ovoideum*, ж, з – *D. synsporon*: ж – споры, з – спорокарп. Фото а, е–з – А. В. Власенко, фото б, в–д – Б. П. Челобанова.

Линейка: а, в, ж – 10 мкм, б – 2 мкм, з, д – 5 мкм, е, з – 0,5 мм

(NSK1016339, *Salix pentandra*, 5 м), *Didymium crustaceum* Fr. (NSK1026457, *Salix pentandra*, 15 м), *D. difforme* (Pers.) Gray (NSK1026465, *Sorbus aucuparia*, 7 м), *D. melanospermum* (Pers.) T. Macbr. (NSK1026466, *Prunus maackii*, 5 м), *Fuligo cinerea* (Schwein.) Morgan (NSK1026419, *Salix alba*, 5 м), *Licea biforis* Morgan (NSK1030538, *Salix pentandra*, 0 м), *L. cas-*

tanea G. Lister (NSK1030749, *Sorbus aucuparia*, 5 м), *L. minima* Fr. (NSK1016345, *Sorbus aucuparia*, 1,5 м), *Macbrideola oblonga* Pando et Lado (NSK1016021, *Populus alba*, 1,5 м), *Ophiotheca calongei* (Lado, D. Wrigley et Estrada) Garcia-Cunch., J. C. Zamora et Lado, D. Wrigley et Estrada (NSK1016275, *Salix alba*, 0 м), *Perichaea quadrata* T. Macbr. (NSK1031896, *Salix alba*,

15 м), *P. syncarpon* T. E. Brooks (NSK1016189, *Junglans mandshurica*, 5 м), *Stemonaria longa* (Peck) Nann.-Bremek., R. Sharma et Y. Yamam. (NSK1030483, *Prunus maackii*, 0 м), *Stemonitis rhizoideipes* Nann.-Bremek., R. Sharma et K. S. Thind (NSK1016282, *Prunus maackii*, 0 м), *S. virginensis* Rex (NSK1016273, *Prunus maackii*, 15 м), *Stemonitopsis subcaespitosa* (Peck) Nann.-Bremek. (NSK1030606, *Fraxinus pennsylvanica*, 0 м).

ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшее число образцов и видов миксомицетов получено при культивировании коры *Salix pentandra* – 96 образцов, принадлежащих 28 видам, а наименьшее число – с коры *S. triandra* – 3 образца, принадлежащих трем видам (табл. 1). Несмотря на то что оба растения относятся к одному роду *Salix* L., структура коры и возраст у конкретных изученных растений отличались. Растения *S. pentandra* более старшего возраста (посадка в 1966 г.) привезены из Липецка и имеют шершавую кору, тогда как *S. triandra* с более гладкой корой высажены в 1991 г., привезены из Дальнего Востока. Высокую продуктивность по числу выявленных видов миксомицетов также показала кора *Prunus maackii* (17 видов) и *Sorbus aucuparia* (15 видов). Кора *P. maackii* и *S. aucuparia* не образует грубую складчатость, как

кора *Salix pentandra*, но эти древесные растения остаются подходящими для развития миксомицетов за счет того, что кора взрослых растений *P. maackii* отслаивается тонкими пластинками, а кора *S. aucuparia* в нижней части ствола имеет много трещин и отслаивающихся участков, что создает дополнительные возможности для заселения ее миксомицетами.

Наибольшее число специфичных видов отмечено на коре *Salix pentandra* и *Prunus maackii*, 9 и 6 видов соответственно (см. табл. 1). Только на *S. pentandra* обнаружены следующие виды миксомицетов: *Badhamia nitens*, *Comatricha pulchella*, *Diderma deplanatum*, *Didymium synsporon*, *Enerthenema papillatum*, *Licea kleistobolus*, *Physarum cinereum*, *Ph. leucopus*, *Stemonitopsis amoena*, *Trichia* sp. Исключительно на *Prunus maackii* выявлены *Arcyria globosa*, *Collaria lurida*, *Comatricha laxa*, *Didymium melanospermum*, *Stemonitis fusca*, *S. rhizoideipes*.

Анализ распределения миксомицетов на шести древесных растениях, где было найдено 10 видов или более, показал, что значение индекса Шеннона падает в ряду SALpen → PRUmaa → SORauc → JUNmen → SALalb → POPalb, а значение индекса Симпсона в этом ряду возрастает. Кора *Salix pentandra* в районе исследования является наиболее подходящим субстратом для большого числа видов, тогда как на коре *S. alba* и *Populus alba*

Т а б л и ц а 1

Сравнение видового богатства комплексов миксомицетов на коре различных пород древесных растений и кустарников

Вид древесного растения	Кислотность субстрата	Число видов/ число родов	Индекс Шеннона	Индекс Симпсона	Число уникальных видов
FRApn	6,32 ± 0,09	6/5	1,61	0,24	1
JUNman	7,55 ± 0,35	12/6	2,42	0,09	2
PRUmaa	6,23 ± 0,43	17/10	2,75	0,07	6
POPalb	7,25 ± 0,05	10/5	2,20	0,12	2
SALalb	7,07 ± 0,53	11/7	2,34	0,10	1
SALpen	7,68 ± 0,25 8,31 ± 0,05*	28/17	2,92	0,06	10
SALtri	7,61 ± 0,35	3/3	1,09	0,33	0
SORauc	5,50 ± 0,45	15/7	2,53	0,09	3
TILcor	8,05 ± 0,29	4/2	1,27	0,31	1

П р и м е ч а н и е. FRApen – *Fraxinus pennsylvanica*; JUNman – *Junglans mandshurica*; PRUmaa – *Prunus maackii*; POPalb – *Populus alba*; SALalb – *Salix alba*; SALpen – *Salix pentandra*; SALtri – *Salix triandra*; SORauc – *Sorbus aucuparia*; TILcor – *Tilia cordata*. * – водородный показатель коры *S. pentandra*, покрытой мхами.

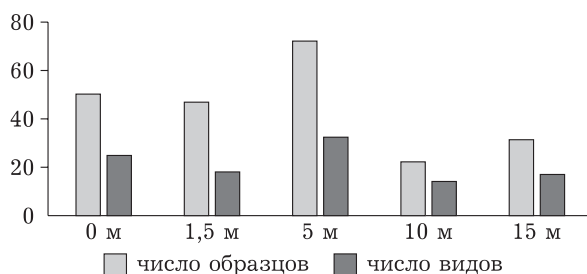


Рис. 2. Соотношение числа выявленных образцов и числа видов миксомицетов на различной высоте ствола древесных растений

развиваются маловидовые комплексы миксомицетов, но с большой долей видов-доминантов. Анализ кислотности коры *Populus alba*, *Salix alba* и *S. pentandra* выявил, что водородный показатель примерно одинаков для субстратов, собранных с трех этих растений, но исключения составляют отдельные образцы коры *Salix pentandra* (16 образцов из 35), покрытые мхами от 30 до 90 %, водородный показатель которых составил $8,31 \pm 0,05$. На стволе *Salix pentandra* обильное скопление мхов отмечалось не только в нижней прикорневой части растения, но и по всему стволу, включая высоту 15 м.

Анализ распределения собранных образцов по высотам показал, что наиболее обильно заселена кора живых древесных растений на высоте 5 м (72 образца) и в прикорневой части (50 образцов) (рис. 2).

В целом, наибольшее таксономическое разнообразие слизевиков также отмечается на высоте 5 м и в нижней части стволов у корней деревьев (табл. 2). Как известно, у основания деревьев и на высоте до 2 м могут встречаться миксомицеты не только эпифитного,

но и подстилочного субстратного комплекса [Keller, Brown, 1999].

При подъеме по высоте ствола меняется таксономический состав сообществ миксомицетов, что, вероятно, связано с изменением микроклиматических условий среды обитания. Представители рода *Perichaena* E. M. Fries встречаются на всех высотах, но наибольшее видовое разнообразие отмечено в прикорневой части, где выявлено 7 видов, тогда как виды рода *Didymium* Schrad. имеют максимальное видовое разнообразие на высоте 5 м – 6 видов, включая три новых для России вида, найденных только на этой высоте.

Мы предполагаем, что крупные старовозрастные стволы деревьев на высоте 5 м наиболее заселены миксомицетами, так как под действием солнца поверхность земли нагревается и нагревает находящийся над ней воздух, затем теплый воздух поднимается вверх, образуя восходящие термические потоки, перенося с собой споры миксомицетов. Миксомицеты, обитающие на веточках в кронах деревьев, при созревании рассеивают свои споры, которые под действием силы тяжести падают вниз и могут оседать на средней части ствола дерева. Процесс рассеивания спор видов миксомицетов, обитающих в кронах деревьев, ранее был изучен на примере дубово-вязового леса в Германии [Schnittler et al., 2006].

Высокий индекс разнообразия Шеннона и низкий индекс доминирования Симпсона в прикорневой части и на высоте 5 м показывают высокое видовое разнообразие сообщества миксомицетов на данных высотах, тогда как на высотах 1,5 и 10 м развиваются маловидовые комплексы миксомицетов, но с большой долей видов-доминантов (рис. 3).

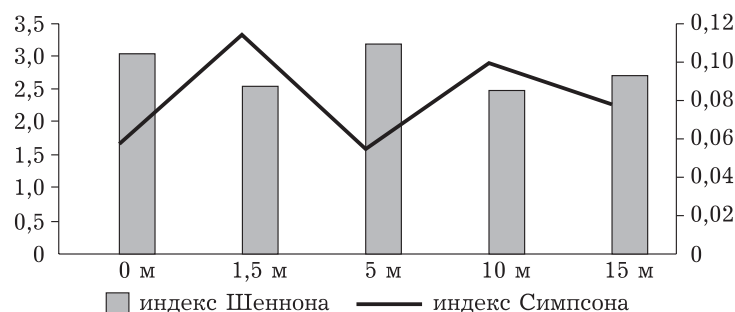


Рис. 3. Индексы количественной оценки параметров биоразнообразия сообществ миксомицетов, развивающихся на разной высоте ствола дерева

Распределение выявленных видов миксомицетов в зависимости от высоты ствола живых древесных растений

Вид миксомицета	0 м	1,5 м	5 м	10 м	15 м
<i>Arcyria cinerea</i>	+	+	+	+	+
<i>A. globosa</i>					+
<i>Arcyria</i> sp.		+	+	+	+
<i>Badhamia nitens*</i>				+	
<i>Collaria lurida</i>					+
<i>Comatricha anomala</i>			+	+	
<i>C. elegans*</i>	+				+
<i>C. laxa</i>					+
<i>C. pulchella*</i>			+		
<i>Cribraria violacea</i>	+	+	+		
<i>Diderma deplanatum</i>		+			
<i>Didymium clavodecus**</i>			+		
<i>D. crustaceum*</i>			+		+
<i>D. difforme*</i>				+	
<i>D. ovoideum**</i>			+		
<i>D. melanospermum*</i>			+		
<i>D. squamulosum</i>		+	+	+	+
<i>D. synsporon**</i>			+		
<i>Enerthenema papillatum</i>			+		
<i>Fuligo cinerea*</i>			+		
<i>Gulielmina vermicularis!</i>	+	+	+	+	+
<i>Licea biforis*</i>	+	+	+	+	+
<i>L. castanea*</i>	+		+		
<i>L. kleistobolus</i>			+		
<i>L. minima*</i>		+			
<i>L. parasitica</i>	+				
<i>Macbrideola oblonga*</i>		+	+		
<i>Metatrichia vesparia</i>	+				
<i>Perichaena chrysosperma</i>	+	+	+		+
<i>P. corticalis</i>	+	+	+	+	+
<i>P. depressa</i>	+	+	+		
<i>P. quadrata*</i>	+	+	+		+
<i>P. syncarpon*</i>			+		
<i>Physarum auriscalpium</i>	+	+	+		
<i>Ph. cinereum</i>	+				
<i>Ph. compressum</i>			+		
<i>Ph. crateriforme</i>	+	+	+	+	
<i>Ph. decipiens</i>	+	+	+		+
<i>Ph. didermoides</i>	+	+			
<i>Ph. gyrosum</i>	+		+		
<i>Ph. leucopus</i>	+				
<i>Ph. notabile</i>				+	
<i>Ophiotheca calongei*!</i>	+				
<i>Stemonaria longa*</i>	+			+	
<i>Stemonitis fusca</i>			+		
<i>S. rhizoideipes*</i>	+				
<i>S. virginienensis*</i>	+				+
<i>Stemonitopsis amoena</i>				+	
<i>S. subcaespitosa*</i>	+		+		
<i>Trichia contorta</i>	+		+		+
<i>Trichia</i> sp.***		+	+		+

П р и м е ч а н и е. *** – предположительно новый для науки вид, ** – новый для России, * – новый для Новосибирской области. ! – вид *Perichaena vermicularis* (Schwein.) Rostaf. в соответствии с современной таксономией [García-Cunchillos et al., 2022] переведен в род *Gulielmina* García-Cunch., J. C. Zamora et Lado и приводится как *Gulielmina vermicularis* (Schwein.) García-Cunch., J. C. Zamora et Lado, вид *Perichaena calongei* Lado, D. Wrigley et Estrada переведен в род *Ophiotheca* Curr. и приводится как *Ophiotheca calongei* (Lado, D. Wrigley et Estrada) García-Cunch., J. C. Zamora et Lado.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что миксомицеты способны заселять складки коры живых древесных растений от прикорневой части до кроны. Максимальное видовое разнообразие наблюдается на высоте 5 м. Прикорневая часть ствола активно заселяется миксомицетами не только эпифитного субстратного комплекса, но и подстилочного.

Значение кислотности субстрата играет большую роль при заселении его миксомицетами. Значение водородного показателя наблюдается на коре, покрытой мхами, выше, чем на коре того же самого древесного растения, но без мхов. Кусочки коры, покрытые мхами, показали более высокую продуктивность при использовании их в качестве субстратов для изоляции миксомицетов методом влажных камер.

Разнообразие эпифитных миксомицетов имеет прямую зависимость от возраста древесного растения, которое они заселяют. При сравнении разнообразия миксомицетов, обитающих в складках коры двух деревьев из одного рода, выше видовое разнообразие будет наблюдаться на старовозрастных особях с хорошо развитой корой.

Структура коры древесного растения имеет решающее значение при колонизации миксомицетами деревьев, чем более структурированная кора, тем больше возможностей для того, чтобы споры миксомицетов могли “зацепиться” за поверхность. Складки коры, как у крупных старовозрастных деревьев из рода *Salix*, или отслаивающиеся части коры, как у *Prunus maackii*, могут способствовать заселению растения эпифитными миксомицетами за счет создания дополнительных микроместобитаний, в которых аккумулируются влага, частички детрита, пищевые ресурсы в виде других микроорганизмов.

Работа по изучению видового состава и экологии миксомицетов проведена в рамках базовых тем № АААА-А21-121011290024-5 и АААА-А21-121011290027-6 ЦСБС СО РАН. При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”, УНУ № USU 440534.

Работа А. В. Власенко по инсерации гербария выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-15-

2021-1056 от 28 сентября 2021 г. между БИН РАН и Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, а также договора ЕП/29-10-21-4 между БИН РАН и ЦСБС СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Власенко А. В., Новожилов Ю. К., Власенко В. А., Корлюк А. Ю., Дулепова Н. А. Новые данные об облигатных копробионтных миксомицетах Сибири // Изв. Иркут. гос. ун-та. Серия: Биология. Экология, 2017. № 21. С. 50–60.
- Новожилов Ю. К. Миксомицеты (класс Myxomycetes) России: таксономический состав, экология, география: дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2005. 377 с.
- Blackwell M. M., Gilbertson R. L. Distribution and sporulation phenology of Myxomycetes in the Sonoran desert of Arizona // Microb. Ecol. 1984. Vol. 10. P. 369–377.
- Chung C. H., Tzean S. S. Notes on Myxomycetes from China: two new names // Mycotaxon. 2000. Vol. 74 (2). P. 483–484.
- Everhart S. E., Keller H. W., Ely J. S. Influence of bark pH on the occurrence and distribution of tree canopy myxomycete species // Mycologia. 2008. Vol. 100 (2). P. 191–204.
- Fanning E., Ely J. S., Thorsten L. H., Keller H. W. Vertical distribution of lichen growth forms in tree canopies of Great Smoky Mountains National Park // Southeastern Naturalist. 2007. Vol. 6 (sp2). P. 83–88.
- Gilbert H. C., Martin G. W. Myxomycetes found on the bark of living trees // Univ. Iowa Stud. Nat. Hist. 1933. Vol. 15. P. 3–8.
- Härkönen M. Corticolous Myxomycetes in three different habitats in southern Finland // Karstenia. 1977. Vol. 17. P. 19–32.
- Härkönen M. On corticolous Myxomycetes in northern Finland and Norway // Ann. Bot. Fennici. 1978. Vol. 15. P. 32–37.
- Härkönen M. Myxomycetes developed on litter of common Finnish trees in moist chamber cultures // Nordic J. Bot. 1981. Vol. 1. P. 791–794.
- Härkönen M., Ukkola T. Conclusions on Myxomycetes completed over Twenty-Five Years from 4793 moist chamber cultures // Stapfia. 2000. Vol. 155. P. 105–112.
- García-Cunchillos I., Zamora J. C., Ryberg M., Lado C. Phylogeny and evolution of morphological structures in a highly diverse lineage of fruiting-body-forming amoebae, order Trichiales (Myxomycetes, Amoebozoa) // Mol. Phylogenet. Evolut. 2022. Vol. 177. 107609. P. 1–20.
- Internet source 1. <https://russia.myxomycetes.org/> (accessed 15th of January 2023)
- Keller H. W., Braun K. L. Myxomycetes of Ohio: Their Systematics, Biology, and Use in Teaching. Ohio Biological Survey Bulletin New Series. Vol. 13, Num. 2. Ohio Biological Survey. Columbus, Ohio, 1999. P. 1–182.
- Levia D. F., Wubbena N. P. Vertical Variation of Bark Water Storage Capacity of *Pinus strobus* L. (Eastern White Pine) in Southern Illinois // Northeastern Naturalist. 2006. Vol. 13 (1). P. 131–137.
- Lima V. X., Cavalcanti L. D. Ecology of lignicolous Myxomycetes in Brazilian Atlantic rain forest // Mycol. Prog. 2015. Vol. 14 (92). P. 1–9.

- Lister G. Field notes on Mycetoza // Trans. Brit. Mycol. Soc. 1933. Vol. 18. P. 18–29.
- Loganathan P. Distribution and Ecology of Myxomycetes // Int. J. Adv. Res. Biol. Sci. 2016. Vol. 3 (12). P. 188–190.
- Madelin M. F. Myxomycete data of ecological significance // Transactions of the British Mycol. Soc. 1984. Vol. 83. P. 1–19.
- Mubarak A. N., Kalyanasundaram I. Amylase as an extracellular enzyme from plasmodia of Myxomycetes // Mycol. Res. 1991. Vol. 95 (7). P. 885–896.
- Rollins A. W., Stephenson S. L. Global distribution and ecology of Myxomycetes // Curr. Topic in Plant Biol. 2011. Vol. 12. P. 1–14.
- Schnittler M., Unterseher M., Tesmer J. Species richness and ecological characterization of myxomycetes and myxomycete-like organisms in the canopy of a temperate deciduous forest // Mycologia. 2006. Vol. 98 (2). P. 223–232.
- Snell K. L., Keller H. W. Vertical distribution and assemblages of corticolous myxomycetes on five tree species in the Great Smoky Mountains National Park // Mycologia. 2003. Vol. 95 (4). P. 565–576.
- Stephenson S. L. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests I. Patterns of occurrence in the upland forests of south-western Virginia // Canad. J. Bot. 1988. Vol. 66. P. 2187–2207.
- Stephenson S. L. Distribution and ecology of Myxomycetes in souther Appalachian subalpine coniferous forests // Memoirs of the New York Botanical Garden. 2004. Vol. 89. P. 203–212.
- Stephenson S. L., Stempen H. Myxomycetes. A Handbook of Slime Molds. Portland, Oregon: Timber Press, 1994. 183 p.
- Urich T., Lanzén A., Qi J., Huson D. H., Schleper C., Schuster S. C. Simultaneous assessment of soil microbial community structure and function through analysis of the meta-transcriptome // PLoS One. 2008. Vol. 3 (6): e2527.
- Vlasenko A. V., Vlasenko V. A. First Asian record of *Comatricha anomala*, a rare epiphytic corticolous myxomycete // Karstenia. 2020. Vol. 58 (1). P. 10–15.
- Vlasenko A. V., Filippova N. V., Vlasenko V. A. *Echinostelium novozhilovii* (Echinosteliaceae, Myxomycetes), a new species from Northern Asia // Phytotaxa. 2018a. Vol. 367 (1). P. 091–096.
- Vlasenko A. V., Filippova N. V., Vlasenko V. A. *Echinostelium microsporium* (Echinosteliaceae, Myxomycetes), a new epiphytic corticolous species from Russia // Phytotaxa. 2019a. Vol. 416 (1). P. 067–072.
- Vlasenko A., Filippova N., Vlasenko V. A new epiphytic species, *Symphytocarpus macrosporus* (Myxomycetes) from Western Siberia, Russia // Karstenia. 2020. Vol. 58 (2). P. 393–400.
- Vlasenko A. V., Filippova N. V., Vlasenko V. A. First Russian records of *Stemonitis rhizoideipes* and *Fuligo aurea*, and newly observed morphology for *Comatricha anomala* // Mycotaxon. 2022. Vol. 137. P. 371–380.
- Vlasenko A. V., Novozhilov Yu. K., Schnittler M., Vlasenko V. A., Tomoshevich M. A. Pattern of Substrate Preferences of Free Living Protists (Myxomycetes) on Decaying Wood // Contemporary Problems of Ecology. 2018b. Vol. 11 (5). P. 494–502.
- Vlasenko A. V., Vlasenko V. A., Naumenko Yu. V., Tomoshevich M. A. First records of rare epiphytic species *Physarum lakhanpalii* and *Ph. lenticulare* for Russia // Turczaninowia. 2019b. Vol. 22 (3). P. 072–079.

Vertical distribution of communities of epiphytic myxomycetes on woody introduced plants in Siberia

A. V. VLASENKO¹, M. A. TOMOSHEVICH¹, B. P. CHELOBANOV^{2, 3}

¹Central Siberian Botanical Garden SB RAS
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaia st., 101
E-mail: anastasiamix81@mail.ru

²Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS
630090, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev ave., 8

³Novosibirsk State University
630090, Novosibirsk, Pirogov str., 2

The taxonomic diversity of epiphytic myxomycetes on living woody plants in the arboretum of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS was studied. The regularity of the distribution community of epiphytic myxomycetes by trunk height has been established. All samples of myxomycetes were obtained by cultivation moist chambers in Petri dishes in the laboratory. Bark sampling from live woody plants was carried out at the height of the trunks from 0 to 15 meters from the soil level. Nine species of deciduous woody introduced plants participated in the experiment: *Fraxinus pennsylvanica*, *Prunus maackii*, *Populus alba*, *Salix alba*,

S. pentandra, *S. triandra*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Junglans mandshurica*. Fifty-one species of myxomycetes have been identified. The species composition of myxomycetes on the studied woody plants differs significantly from that on native tree species growing on the territory of the botanical garden. Two species have been identified as new to science from the genera *Arcyria* and *Trichia*, three species are new to Russia (*Didymium clavodecus*, *D. ovoideum*, *D. synsporon*), eighteen species are new to the Novosibirsk region. The change in the taxonomic composition of myxomycetes community correlates with the height from the soil surface. Representatives of the genus *Perichaena* are found at all altitudes, but the greatest species diversity is noted in the basal part. There are 7 species noted here, while the species of the genus *Didymium* have the maximum species diversity (6 species) at an altitude of 5 meters, including 3 species new to Russia, noted only at this altitude. The distribution of the number of collected samples by height showed that the bark of living woody plants is most abundantly populated at a height of 5 meters (72 samples) and in the basal part (50 samples).

Key words: vertical structure of communities, mushroom-like protists, arboretum, introduced plants, new species for Russia, scanning electron microscopy, slime molds, ecology, epiphytes.