

УДК 582.28: 631.466.1(571.63)

Л.Н. ЕГОРОВА, Н.С. ШИХОВА, Г.В. КОВАЛЕВА

## Структура сообществ микромицетов в почвах городских зеленых насаждений Владивостока

*Изучено видовое разнообразие и структура сообществ микромицетов в почвах городских зеленых насаждений Владивостока. Проведен таксономический и эколого-трофический анализ выявленной микробиоты, включающей 87 видов микроскопических грибов из 46 родов. Наибольшее количество видов относится к родам анаморфных грибов – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*. 37 видов микромицетов (43 % видового разнообразия) принадлежат к потенциально патогенным грибам, которые могут вызывать оппортунистические микозы человека или инициировать аллергические реакции.*

*Ключевые слова:* городские зеленые насаждения, почвенные микромицеты, анаморфные грибы, потенциально патогенные грибы.

**The structure of microfungal communities in soils of the urban green plantations in Vladivostok environment.** L.N. EGOROVA, N.S. SHIKHOVA, G.V. KOVALEVA (Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, Vladivostok).

*Species diversity and structure of microfungal communities in soils of the urban green plantations in Vladivostok environment were investigated. Taxonomic and ecological-trophic analysis of the detected mycobiota which includes 87 species of microscopic fungi from 46 genera was carried out. The majority of fungal species belong to the following genera of anamorphic fungi: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*. 37 species of microfungal communities (43 % of species diversity) are potentially pathogenic fungi, which can cause the opportunistic human mycoses and allergic reactions.*

*Key words:* urban green plantation, soil microfungal communities, anamorphic fungi, potentially pathogenic fungi.

Территория Владивостока включает три городских парка общей площадью около 46 га, 9 садов площадью около 15 га и более 60 скверов площадью 100 га. Дендрофлора зеленых насаждений Владивостока насчитывает более 100 видов деревьев и кустарников, в числе широко распространенных видов – ясень маньчжурский, ильм японский, береза плосколистная, ясень носолистный, робиния ложноакациевая, пузыреплодник калинолистный [13].

Зональными типами почв региона исследований являются буровоземы, в разной степени сохранившиеся на территории города, главным образом во внутригородских рекреационных лесах, по окраинам селитебной зоны, в старых городских садах, заложенных в начале XX в. и к настоящему времени сильно преобразованных, а также в городских парках, сформированных на основе природных фитоценозов путем их реконструкции и подсадки декоративных древесно-кустарниковых пород. Почвы типичных искусственных городских насаждений (скверов и озеленений жилых кварталов) представлены глубоко- или поверхностно-преобразованными буровоземами или типичными урбаниземами.

---

\* ЕГОРОВА Лина Николаевна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией, ШИХОВА Нина Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, КОВАЛЕВА Галина Васильевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (Биологический-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток).

\*E-mail: egorova@ibss.dvo.ru

Исследованные городские почвы характеризуются высоким содержанием органического вещества, нейтральной или близкой к ней реакцией среды. Содержание тяжелых металлов в целом не превышает предельно допустимых концентраций, принятых для Приморского края, с учетом геохимической специфики почвообразующих пород. В парках и садах в единичных пробах почв установлено загрязнение свинцом, кадмием и цинком. Большинство проб, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам, были зафиксированы в почвах скверов, рядовых насаждений улиц и внутриквартального озеленения [14].

Известно, что урбанизация является одним из важнейших факторов формирования структуры сообществ почвенных грибов, постоянно присутствующих в среде обитания человека. Наличие среди них потенциально (условно) патогенных видов, способных вызывать микозы и микогенные аллергии у человека, особенно характерно для городских почв, в которых потенциально патогенных грибов больше по сравнению с зональными почвами [7].

Ранее проведенное нами исследование структуры сообществ почвенных микромицетов на п-ове Муравьев-Амурский касалось в основном естественных почв хвойно-широколиственных лесов Ботанического сада-института ДВО РАН и прилегающей территории автотрассы [6]. Микробиота же антропогенно нарушенных городских почв под зелеными насаждениями Владивостока, включая комплексы потенциально патогенных микроскопических грибов, не изучалась. Устранение этого пробела и послужило целью данной работы.

## Материалы и методы

Образцы почвы под зелеными насаждениями отбирались в вегетационные периоды 2009–2010 гг. на пробных площадях, заложенных лабораторией лесоведения БПИ ДВО РАН для проведения мониторинга состояния урбофитоценозов в разных типах городских посадок: 1) городских парках (Покровском, разбитом на северо-западном склоне сопки Орлиная, Нагорном, расположенным в верхней части юго-восточного склона сопки Буссе, и парке Минного городка); 2) старых садах, сохранившихся на территории города около Дома офицеров флота, Матросского клуба, Дворца культуры железнодорожников, памятника Г.И. Невельскому, а также Гайдамаковском и Жариковском садах; 3) типичных скверах. В 15 точках из поверхностных горизонтов почвы (0–15 см) было отобрано 38 смешанных образцов. В некоторых точках отбор проб производился четырехкратно.

Для выделения из почвы микроскопических грибов использовался общепринятый метод серийных разведений с последующим высевом почвенной суспензии на питательные среды [8]. Анализ структуры выделенных сообществ микромицетов осуществлялся на основании показателей частоты встречаемости видов [9]. Потенциально патогенные грибы определялись с помощью известных списков видов микромицетов различных групп патогенности [10, 11, 16].

## Результаты и обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что содержание гумуса в почвах парков, старых садов и скверов варьирует от 8,5 до 21,6 %, значения рН – от 5,6 до 6,0. Известно, что такие показатели обеспечивают оптимальные условия для развития бактерий различных эколого-трофических групп и менее благоприятны для микроскопических грибов, предпочитающих более кислую реакцию среды. Численность микромицетов относительно невысокая: весной и осенью достигает 110–115 тыс. КОЕ/г воздушно-сухой почвы в верхнем слое, летом наблюдается резкий спад количества грибов до 6–8 тыс. КОЕ/г.

Из отобранных почвенных образцов выделено 87 видов микромицетов, принадлежащих к 46 родам. Таксономическая структура микробиоты [17] представлена отделами *Zygomycota* – 9 видов (около 10 % видового богатства) из 6 родов и *Ascomycota* – 78 видов из 40 родов, подавляющее большинство которых (70 видов из 33 родов) относится к анаморфным (несовершенным) грибам.

В исследованных почвах наибольшим количеством видов представлен род *Penicillium* – 12 видов (14 % видового богатства), два рода (*Aspergillus* и *Paecilomyces*) содержат по 5 видов, еще два (*Fusarium* и *Trichoderma*) – по 4, роды *Acremonium*, *Mucor*, *Oidiodendron*, *Phoma* – по 3 вида, остальные 37 родов включают по 1 виду каждый, что составляет около 80 % родового разнообразия выявленной микробиоты.

Среди представителей различных таксономических групп, входящих в состав почвобитающих микромицетов, грибы отдела *Zygomycota* (класс *Zygomycetes*) составляют относительно невысокий процент от общего числа видов (обычно 10–15 %), но они постоянно присутствуют в почве, где участвуют в процессах минерализации органического вещества и являются, таким образом, непременным компонентом микробиоты почв любого ценоза. К наиболее часто встречающимся в почвах Дальнего Востока зигомицетам относятся грибы родов *Mucor* и *Mortierella* [4].

В почвах городских зеленых насаждений Владивостока большинство представителей отдела *Zygomycota* встречаются редко (частота встречаемости 10–30 %), при этом только виды вышеназванных двух родов обнаружены во всех исследованных экотопах. В почвах парков и старых садов отмечены представители родов *Absidia*, *Umbelopsis*, *Syncephalastrum*, *Rhizopus*. Наименьшее разнообразие зигомицетов (2 вида из 2 родов) зарегистрировано в почвах скверов.

Среди микромицетов отдела *Ascomycota* (s. l.) почти 90 % видового состава, как уже указывалось выше, принадлежит к группе анаморфных грибов. Только 8 видов из родов *Byssochlamys*, *Pseudeurotium*, *Pseudogymnoascus*, *Talaromyces*, *Chaetomium*, *Preussia*, *Ascotricha* формируют в процессе роста в культуре половую стадию – телеоморфу. Частота встречаемости большинства из них не превышает 10–30 %, за исключением представителей рода *Chaetomium*, отдельные виды которого обычно входят в число типичных частых (30–60 %) не только в почвах исследованных экотопов, но и в зональных бурых лесных почвах Дальневосточного региона [5].

Как показал анализ распространения в почвах городских зеленых насаждений представителей рода *Penicillium*, большинство выявленных видов рода можно отнести к числу типичных редких. Исключение составляет лишь один вид – *P. aurantiogriseum*, входящий наряду с представителями родов *Aspergillus* и *Phoma* в число доминантов (частота встречаемости более 60 %) или типичных частых видов в почвах парков. В почвах городских скверов и старых садов в роли доминантов выступают представители таксономически близких к *Penicillium* родов анаморфных грибов – *Paecilomyces* и *Gliocladium*, а в роли типичных частых видов – темноцветные грибы из родов *Cladosporium*, *Trichocladium*, *Geotrichum*, *Humicola*, *Oidiodendron*, способные к существованию в крайне неблагоприятных условиях окружающей среды.

Выявленные в процессе проведенного исследования микроскопические грибы относятся к разным эколого-трофическим группам, наиболее многочисленная из которых – сапротрофные микромицеты (более 70 % видового разнообразия).

К числу почвенных сапротрофов принадлежит большинство видов анаморфных родов: *Acremonium*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Oidiodendron*, *Penicillium*, *Periconia*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, вышеназванные телеоморфы из отдела *Ascomycota*, представители отдела *Zygomycota* [15]. Известно, что сапротрофные микромицеты являются активными контамиантами пищевых продуктов и биодеструкторами самых разнообразных материалов и изделий. В условиях Владивостока виды родов *Penicillium*, *Cladosporium* и *Aspergillus* входят в состав доминирующего комплекса грибов микробиоты воздуха в помещениях различного назначения – жилых, административных и больничных [2].

Группа факультативно фитопатогенных грибов составляет около 20 % выявленного видового разнообразия и включает представителей анаморфных родов: *Alternaria*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Clonostachys*, *Colletotrichum*, *Coniothyrium*, *Myrothecium*, *Trichothecium*, *Tubercularia*, *Volutella*, *Ulocladium*. Микромицеты перечисленных родов поражают обычно ослабленные растения, вызывая увядание, усыхание, плесневение плодов и семян, гнили корней и стеблей, пятнистости листьев.

Совсем немногочисленна (около 10 %) группа энтомопатогенных грибов – возбудителей микозов насекомых. К ним относятся виды родов *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Lecanicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*. Частота встречаемости некоторых представителей из родов *Paecilomyces* и *Lecanicillium* в отдельных почвенных образцах из городских скверов достигает 60–80 %.

В процессе проведенного нами исследования из почв городских зеленых насаждений Владивостока было выделено 37 видов (43 % видового состава) потенциально патогенных грибов, способных вызывать оппортунистические (вторичные) микозы, микотоксикозы и аллергические реакции у людей, как правило, с ослабленным иммунным статусом. Большинство выявленных видов потенциально патогенных грибов входят в состав эколого-трофической группы почвенных сапротрофов.

Возбудители заболеваний попадают в организм человека различными путями: в результате заноса инфекции в раны или через поврежденный кожный покров, в случае вдыхания спор (конидий) грибов или их метаболитов, при употреблении в пищу продуктов, пораженных различными видами токсинобразующих микромицетов.

В качестве возбудителей оппортунистических микозов человека наиболее известны виды родов *Aspergillus* и *Penicillium*, вызывающие бронхолегочные заболевания, поражения сердечно-сосудистой и центральной нервной системы. К кожным инфекциям и онихомикозам приводят представители родов *Alternaria*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Geomyces*, *Scopulariopsis*, *Myrothecium*, кератитам и перитонитам – микромицеты из родов *Fusarium*, *Aureobasidium*, инфекциям глаз – грибы родов *Chrysosporium*, *Paecilomyces*, феогифомикозам – *Coniothyrium*, *Curvularia*, *Ulocladium*, зигомикозам – *Absidia*, *Mucor*, *Rhizopus* [10, 11].

Токсинобразующие микроскопические грибы из родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, продуцирующие целый ряд различных микотоксинов, могут поражать продукты питания растительного и животного происхождения на любом этапе их производства, хранения или в процессе приготовления. Среди микотоксинов наиболее опасны для человека продуцируемые микромицетами из родов *Aspergillus* и *Penicillium* афлатоксины с канцерогенными и мутагенными свойствами, а также микотоксины трихотецинового ряда – метаболиты грибов рода *Fusarium*.

Необходимо отметить, что экологически потенциально опасными являются только токсигенные виды и штаммы микромицетов. Так, среди грибов рода *Fusarium* токсигенные штаммы составляют от 25 до 91 %, среди представителей рода *Aspergillus* – от 20 до 82 %. Широкое распространение, высокий процент токсигенных изолятов и обширный спектр продуцируемых ими микотоксинов свидетельствуют о потенциальной опасности микромицетов перечисленных родов [1, 3].

## Заключение

Впервые изучено видовое разнообразие и структура сообществ микроскопических грибов, обитающих в почвах городских зеленых насаждений Владивостока – парков, старых садов и скверов. Проведен таксономический и эколого-трофический анализ микробиоты, наиболее характерными чертами которой являются: 1) высокое родовое разнообразие анаморфных грибов при их малой видовой насыщенности, 2) низкая частота встречаемости зигомицетов и грибов рода *Penicillium* в почвах городских скверов и

значительное участие в их микробиоте темноцветных грибов. Такое сообщество, согласно теории экологических модификаций, характеризует состояние «антропогенного экологического напряжения» [12].

Около 43 % выявленного в процессе проведенного исследования видового разнообразия микромицетов составляют потенциально патогенные грибы, способные вызывать оппортунистические микозы и аллергические реакции у людей с ослабленным иммунным статусом. Полученные результаты позволяют судить о санитарном состоянии среды обитания во Владивостоке и могут быть использованы для микологического мониторинга и прогноза заболеваний, вызванных микроскопическими грибами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Билай В.И., Курбацкая З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов. Киев: Наук. думка, 1990. 236 с.
2. Егорова Л.Н., Климова Ю.А. Микробиота воздуха в помещениях различного назначения г. Владивостока // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40, вып. 6. С. 487–493.
3. Егорова Л.Н. Микромицеты – контаминаты зерна хлебных злаков в условиях Приморского края // Успехи мед. микологии. 2007. Т. 9. С. 83–84.
4. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: Гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.
5. Егорова Л.Н. Почвообитающие аскомицеты российского Дальнего Востока // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37, вып. 2. С. 13–21.
6. Егорова Л.Н., Ковалева Г.В. Структура сообществ микромицетов в естественных и антропогенно нарушенных бурых лесных почвах полуострова Муравьева-Амурского (южное Приморье) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45, вып. 2. С. 125–133.
7. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
8. Методы экспериментальной микологии: справочник / под ред. И.А. Дудка. Киев: Наук. думка, 1982. 550 с.
9. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: МГУ, 1988. 220 с.
10. Санитарно-эпидемиологические правила «Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней». СП 1.3.2322-08. М., 2008. 51 с.
11. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 468 с.
12. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007. 215 с.
13. Шихова Н.С., Полякова Е.В. Деревья и кустарники в озеленении г. Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 236 с.
14. Шихова Н.С. Экологическое состояние почв и зеленых насаждений Владивостока // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 1. С. 97–102.
15. Domsch K.H., Gams W., Anderson T.-H. Compendium of soil fungi. Eching: IHW-Verlag, 2007. 672 p.
16. Hoog G.S., Guarro J., Gene J., Figueras M.J. Atlas of clinical fungi. Reus: Univ. Rovira i Virgili, 2000. 1126 p.
17. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. Ainsworth et Bisby's Dictionary of the fungi. Wallingford: CABI, 2008. 771 p.