

ОППОРТУНИСТИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В ПОЧВАХ ГОРОДСКИХ ПАРКОВ И СКВЕРОВ Г. ВОРОНЕЖА

Н. Н. Назаренко¹, И. Д. Свистова², С. С. Астанин²

¹ Воронежский государственный аграрный университет,
Воронеж, Россия,
e-mail: talalajko@mail.ru

² Воронежский государственный педагогический университет,
Воронеж, Россия,
e-mail: i.svistova@mail.ru

OPPORTUNISTIC FUNGI IN THE SOILS OF URBAN PARKS AND SQUARES OF VORONEZH

N. N. Nazarenko, I. D. Svistova, S. S. Astanin

Аннотация. Накопление оппортунистических (потенциально патогенных, опасных) видов микроскопических грибов в городской среде может повышать риск заболеваний жителей вторичными микозами или инициировать аллергические реакции. На примере г. Воронежа выявлена таксономическая структура и видовой состав микобиоты почв городских парков и скверов с разным уровнем рекреации. Определена доля оппортунистических видов в общем микокомплексе. Были обнаружены потенциально опасные виды грибов групп BSL-1 (*Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *P. simplicissimus*, *Trichoderma koningii*, *Alternaria alternata* и др.) и BSL-2 (*Aspergillus flavus*). Полученные результаты позволяют судить о санитарном состоянии почв городских зеленых насаждений.

Ключевые слова: урбозкосистема, рекреация, видовое разнообразие, почвенные микромицеты, оппортунистические грибы, потенциальная патогенность

Abstract. The accumulation of opportunistic (potentially pathogenic) fungal species in the urban environment can increase the risk of residents developing secondary mycoses or trigger allergic reactions. Using the example of Voronezh, the taxonomic structure and composition of soil mycobiota in city parks and squares with different levels of recreation were revealed. The proportion of opportunistic and allergenic species in the total mycocomplex was determined. Potentially dangerous fungal species of the BSL-1 (*Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *P. simplicissimus*, *Trichoderma koningii*, *Alternaria alternata*) and BSL-2 (*Aspergillus flavus*) groups have been discovered. The results obtained allow us to judge the sanitary condition of soils in urban green spaces.

Keywords: urban ecosystem, recreation, species diversity, soil micromycetes, opportunistic fungi

В последнее время уделяется повышенное внимание изучению экологии городских агломераций в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой и увеличением уровня заболеваемости населения [Бахматовав и др., 2022; Назаренко, Свистова, 2016]. Влияние антропогенных факторов оказывает значительное влияние на окружающую среду и приводит не только к потере природного видового разнообразия, но и к качественным изменениям в таксономической структуре почвенного микобиома [Свистова, Назаренко, 2016]. Одним из негативных последствий является развитие и накопление в городской среде патогенных и оппортунистических (потенциально патогенных) видов микроскопических грибов (микромикетов), тем самым повышая риски дополнительного загрязнения окружающей среды и ставя под сомнения ее биологическую безопасность [Марфенина, 2011; Озерская и др., 2011; Назаренко, Свистова, 2022]. Оппортунистические грибы преимущественно могут вызывать заболевания у детей раннего возраста, а также здоровых взрослых людей, как правило, страдающих различными формами иммунодефицита или имеющих первичные заболевания [Озерская и др., 2011]. Отметим, что потенциальная патогенность грибов обуславливается их свойствами адаптационного характера (способность к адгезии, меланизация, капсулообразование, диморфизм), позволяющими им противостоять защитным механизмам организма и осуществлять инвазию [De Hoog et al., 2000]. Ранее нами было показано, что в условиях интенсивной урбаногенной нагрузки в урбаноземах Воронежа возрастает обилие и встречаемость токсигенных, темноокрашенных меланинсодержащих и оппортунистических грибов, которые мы выделили в списки индикаторов на городское загрязнение и имеющих санитарно-гигиеническое значение [Свистова, Назаренко и др., 2016].

В группу грибов-оппортунистов входят как почвенные сапротрофы, так и патогены растений, которые могут в виде спор или мицелия внедряться в ткани человека, провоцируя риск заболеваний вторичными микозами с последующим развитием микогенных аллергий [Аак, 2005; Марфенина, 2007]. В процессе пассивного или активного рассеивания грибные споры подхватываются токами воздуха и вместе с пылью могут распространяться на большие расстояния. Отмечается, что в городской среде содержание спор грибов в приземном слое воздуха может быть выше, чем в почве [Марфенина, 2011]. Доказано, что длительный контакт практически здоровых людей с почвенными микромикетами родов *Aspergillus* (*A. niger*, *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. clavatus*, *A. ustus*), *Penicillium* (*P. expansum*, *P. notatum*, *P. funiculosum*, *P. viridicatum*),

Alternaria alternata, *Fusarium oxysporum* может вызвать развитие глубоких микозов: аспергиллезов легких, плевритов, бронхопневмонии, отомикозов, микотических ангин, абсцессов [Саттон и др., 2001; Озерская и др., 2011; Кулько, 2012]. По данным комитета по номенклатуре аллергенов Международного союза иммунологических обществ (IUIS), из 489 зарегистрированных аллергенов 86 — аллергены грибов. Аллергические реакции — дерматиты, бронхиальную астму, риниты, конъюнктивиты, сенсibilизацию организма вызывают *Cladosporium herbarum*, виды рода *Trichoderma* (*T. koningii*, *T. harzianum*) и родов *Gliocladium*, *Penicillium*, *Mucor* и др. (Аак, 2005).

В различных странах и международных организациях используются разные классификации патогенных и потенциально патогенных микромицетов по категориям биологического риска. По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) выделяют «уровни биологического риска» (bio safety level, BSL) от BSL 4 — самого высокого, до BSL 1 — самого низкого, к которому относятся грибы, способные вызывать заболевания человека в случае сниженного иммунитета. Наибольший интерес в плане экологической безопасности представляют оппортунистические грибы группы BSL 2 (*Aspergillus flavus*, *A. fumigates*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Paecilomyces variotii* и др.) [De Hoog et al., 2000]. В России согласно Санитарно-эпидемиологическим правилам СП 1.3.2322-08 используют понятие «группы патогенности» от 1 группы — самой опасной, где нет грибов, до 4 группы, включающей условно патогенные грибы [Озерская др., 2011].

Среди городских почв важное место занимают парково-рекреационные урболандшафты. В отличие от пригородных лесопарковых массивов меньшие по площади городские парки и скверы окружены потенциальными источниками загрязнения, испытывают более значительный техногенный прессинг и, следовательно, в условиях быстро меняющейся городской геохимической обстановки могут приводить к появлению оппортунистических грибов в почвах и сопряженных средах. Сейчас возрастает интерес к исследованию микологического состояния воздуха внутри различных помещений, пыли в приземных слоях воздуха, почвах городской среды в таких мегаполисах как Москва, Санкт-Петербург, Владивосток, Мурманск. Подобных микологических исследований по изучению почвенных потенциально опасных микроскопических грибов под зелеными насаждениями в городах Центрального Черноземья не проводилось. Имеются лишь единичные научные работы по оценке риска для здоровья городского населения в ре-

зультате воздействия комплекса экологических факторов [Региональная оценка..., 2015].

Цель работы — изучение видового состава комплекса микромицетов в почвах парково-рекреационной зоны г. Воронежа и выявление среди них оппортунистических видов.

Почвенный покров городских парков, скверов, дендрариев Воронежа сформирован, в основном, из природных черноземных и серых лесостепных почв в разной степени антропогеннопреобразованных. Урбопочвы характеризуются высоким содержанием органического вещества, нейтральной или слабощелочной реакцией среды, высокой насыщенностью обменными основаниями, содержанием нефтепродуктов и тяжелых металлов на уровне ПДК, но превышающих значения регионального фона по этим поллютантам [Назаренко и др., 2022].

Микологические исследования проводили в вегетационные периоды 2022-2023 гг. из органо-аккумулятивного горизонта почв различных рекреаций: — *территории умеренного рекреационного пользования с ненарушенными антропогенной деятельностью почвами* (Центральный городской парк, дендропарки Воронежского агроуниверситета и Воронежской лесотехнической академии, ботанический сад Воронежского госуниверситета); — *территории интенсивного пользования с нарушенными антропогенной деятельностью урбопочвами* (Кольцовский сквер, Петровский сквер, Первомайский сад). Выделение микроскопических грибов проводили методом серийных разведений и посева почвенных суспензий на среду Чапека по традиционной в почвенной микробиологии методике. Идентификацию видового состава почвенной микобиоты проводили по культурально-морфологическим признакам, используя общепринятые определители для разных классов, названия таксонов унифицировали с использованием базы данных Index Fungorum (2023). Анализ структуры выделенных сообществ микромицетов проводили на основании показателей частоты встречаемости видов [Мирчинк, 1988]. При анализе присутствия условно-патогенных грибов использовали известные списки видов различных групп патогенности [De Hoog et al., 2000; Саттон и др., 2001], руководства [Елинов и др., 2011] и нормативный документ СП 1.3.2322-08. Статистическую обработку данных проводили при помощи Microsoft Office Excel.

Общий уровень численности почвенных микромицетов на исследованных рекреационных участках составлял от 17 до 60 тыс. КОЕ/г и был типичен для зональных почв. Было выделено всего 34 вида микромицетов из 13 родов. Наиболее многовидовой род *Penicillium*

(15 видов), *Aspergillus* (6 видов), 2 рода (*Mucor*, *Trichoderma*) по 2 вида, остальные 9 родов представлены одним видом каждый. Многочисленны сапротрофные микромицеты, развивающиеся в почве и на растительных остатках. Это, в первую очередь, представители родов *Talaromyces*, *Trichoderma* и связанных с ними анаморфных родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Встречались и факультативно-фитопатогенные грибы *Alternaria*, *Fusarium*, представители группы *Mycelia sterilia*.

Многие выделенные виды грибов являются потенциально опасными, в основном, из группы BSL-1, представляющие наименьшую опасность для человека. К группе потенциально патогенных, среди всех выделенных грибов из рекреационных почв, принадлежали 19 видов (53 % обилия), в числе которых по количеству преобладали роды *Penicillium* и *Aspergillus*. Грибы этих родов встречались во всех анализируемых биотопах города, что свидетельствует об их эвритопности, т. е. широком диапазоне толерантности к неблагоприятным экологическим условиям. Причиной антропогенной трансформации микокомплекса с преобладанием оппортунистических грибов в урбопочвах может быть как смещение их pH в область нейтральной и слабощелочной, так и наличие в них дополнительных источников питания в виде загрязняющих веществ различной природы. Такую закономерность отмечали и другие авторы в своих исследованиях по городским почвам [Марфенина и др., 2011; Корнейкова и др., 2021].

Отдел *Zygomycota* представлен оппортунистическими видами *Mucor hiemalis* и *Rhizopus stolonifer*. Вышеназванные виды относятся к группе типичных редких, так как частота встречаемости их не превышала 10–30 %. В почвах старого ботанического сада ВГУ и центральном городском парке зигомицеты из числа потенциально патогенных представлены лишь видом *M. hiemalis* с частотой встречаемости 30–60 % (типичный частый вид).

Представители отдела *Ascomycota* (*Talaromyces flavus*, *Chaetomium piluliferum*) выделены из почвы всех исследуемых рекреаций и являются типичными частыми видами. Из анаморфных видов отдела *Ascomycota* повсеместным распространением и частотой встречаемостью в почвах исследованных зеленых насаждений Воронежа характеризуются такие виды, как *Alternaria alternata*, *Penicillium janthinellum*, *Gliocladium virens*, *Fusarium solani*. Большинство из них можно отнести к типичным частым и редким видам. Доминируют *Penicillium daleae*, *P. simplicissimus*, *P. tardum* с частотами встречаемости более 60 %. Доказано, что *Penicillium simplicissimus* вызывает тремор, мышечную ригидность, провоцирует вирусные

инфекции, а *Alternaria alternata* способна вызывать аллергический ринит, синусит и при гиперсенситизации провоцирует развитие атопического дерматита [De Hoog et al., 2000; Саттон и др., 2001]. Многочисленная группа с частотой встречаемости менее 10 % (случайные виды) — *Penicillium notatum*, *P. viridicatum*, *P. velutinum*, *P. lanosum*, *Humicola grisea*, *Trichoderma koningii*.

Кроме того, в парках и скверах центральной части города (Петровский и Кольцовский сквер) с нарушенными антропогенной деятельностью урбопочвами нами были обнаружены потенциально опасные виды. Так, в ранге типичных редких был обнаружен темнопигментированный *Aspergillus niger*, который относится к группе с уровнем биологического риска BSL-1, вызывает ринит и провоцирует заболевания легких [Саттон и др., 2001]. В ранге случайных выделялся токсигенный *Aspergillus flavus* из группы BSL-2, является возбудителем пневмонии, отита, синусита, провоцирует развитие инфаркта и некроза [Елинов и др., 2011]. Появление подобных видов, вероятно, связано с территориальной близостью скверов к транспортным развязкам и большим перекресткам, которые являются основными источниками загрязняющих выбросов автотранспорта. Самыми загазованными оказываются центральные улицы с высокими зданиями, на которых рассеивание выбросов затруднено, а выхлопные газы концентрируются в приземном слое. По этому показателю Воронеж входит в число городов, относящихся к зоне экологического риска [Региональная оценка..., 2015].

Сопоставление полученных нами данных с опубликованными по другим городам приводит к выводу об антропогенной трансформации микобиоты городских почв, воздуха и пыли в окружающей среде и жилых помещениях. В большинстве случаев чаще всего возрастает встречаемость в микокомплексе токсигенных и потенциально-патогенных представителей родов *Penicillium* и *Aspergillus*, а также темноокрашенных видов родов *Alternaria*, *Stachybotrus*, *Cladosporium* [Марфенина и др., 2011; Свистова и др., 2016; Корнейкова и др., 2021]. Установлено, что причиной появления или повышения ранга доминирования «экологически опасных» (потенциально патогенных, аллергенных, микотоксичных) для человека грибов является высокий уровень антропогенного воздействия. Эти грибы считаются эвритопными с широкими диапазонами толерантности к экологическим условиям и возможностью утилизировать разнообразные поллютанты, проявляют себя как резистентные к антропогенным факторам [Марфенина, 2005].

Таким образом, наличие значительного количества видов, являющихся доказанными продуцентами аллергенов, а также возбуди-

телями различных грибковых заболеваний, следует рассматривать как фактор риска для здоровья жителей г. Воронежа. А учитывая пониженный иммунный статус городского населения, крайне важна оценка присутствия потенциально опасных микроскопических грибов в природных субстратах, с которыми контактирует человек. Наиболее опасными являются такие оппортунистические грибы, вызывающие микозы (*Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium simplicissimus*) и аллергии (*Alternaria alternata*, *P. tardum*, *Rhizopus stolonifer*). Проведенные нами исследования, показывающие возможность накопления потенциально опасных грибов, заставляют задуматься о возникшей опасности прямого контакта детей с почвой в скверах центральной части г. Воронежа. Мы полагаем, что это может служить основанием для проведения мониторинговых работ с целью прогнозирования опасных ситуаций, связанных с функционированием почвенной микобиоты.

ЛИТЕРАТУРА

- Аак О. В. Аллергены грибов. Особенности микогенной сенсibilизации // Проблемы медицинской микологии. 2005. № 7 (2). С. 12–16.
- Бахматова К. А., Матинян Н. Н., Шушукова А. А. Антропогенные почвы городских парков // Почвоведение. 2022. № 1. С. 77–95.
- Елинов Н. П., Васильева Н. В., Маматъева А. А. и др. Патогенные и условно-патогенные микромицеты как объекты царства грибов (Fungi), их характеристика с учетом требований международного кодекса ботанической номенклатуры. Учебное пособие. Вып. 1 / Под ред. Н. П. Елинова. СПб.: Коста, 2011. 64 с.
- Корнейкова М. В., Сошина А. С., Гавричкова О. В. Условно-патогенная микобиота пыли в городах разных климатических зон на примере Мурманска и Москвы // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. № 4. С. 256–270.
- Кулько А. Б. Спектр возбудителей глубоких микозов человека // Онкогематология. 2012. № 3. С. 55–61.
- Куролап С. А., Клепиков О. В., Виноградов П. М. и др. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды : монография / Под. общ. ред. С. А. Куролапа, О. В. Клепикова. Воронеж: Научная книга, 2015. 231 с.
- Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
- Марфенина О. Е., Фомичева Г. М. Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека. Современные тенденции // Микология сегодня. Т. 1. М.: Национальная академия микологии, 2007. С. 235–266.
- Марфенина О. Е., Макарова Н. А., Иванова А. Е. Оппортунистические грибы в почвах и приземных слоях воздуха мегаполиса (на примере г. Москвы) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. № 5. С. 397–407.

- Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: МГУ. 1988. 220 с.
- Назаренко Н. Н., Свистова И. Д. Роль микромицетов в формировании агрессивной среды города (на примере почвы различных функциональных зон Воронежа) // Проблемы медицинской микологии. 2016. Т. 18. № 1. С. 32–35.
- Назаренко Н. Н., Свистова И. Д. Условно-патогенная микобиота антропогенно-преобразованных почв Воронежа // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров, 2022. С. 120–124.
- Озерская С. М., Иванушкина Н. Е., Кочкина Г. А. Микроскопические грибы в связи с проблемами биологической безопасности (обзор) // Проблемы мед. микологии. 2011. Т. 13. № 3. С. 3–12.
- Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. М.: Мир, 2001. 486 с.
- Свистова И. Д., Назаренко Н. Н., Корецкая И. И. Санитарно опасные мицелиальные микроорганизмы в почвах Воронежа // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 3. С. 247–250.
- Свистова И. Д., Назаренко Н. Н., Потапова О. П. Влияние городской нагрузки на комплекс почвенных микромицетов (на примере левобережной части г. Воронежа) // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 9. С. 46–50.
- СП 1.3.2322-08. Санитарно-эпидемиологические правила. «Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) возбудителями паразитарных болезней». М., 2008. 54 с.
- De Hoog G. S., Guarro J., Gene J. and Figueras M. J. Atlas of clinical fungi. 2nd ed. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands, Universitat Rovira i Virgili, Reus, Spain, 2000. 1126 p.