

## СЕКЦИЯ 1. РАСТЕНИЯ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

DOI: 10.58168/FBFSNAP2024\_6-11

УДК 579.6

### ПАРАМЕТРЫ БИОИНДИКАЦИИ ПОЧВЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГОРОДСКОЙ НАГРУЗКИ НА РАЗНЫЕ ТИПЫ РЕКРЕАЦИЙ ВОРОНЕЖА

С.С. Астанин, И.М. Балбекова, И.Д. Свистова

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»,  
г. Воронеж, Россия*

**Аннотация.** Изучены состав и структура комплексов мицелиальных микроорганизмов для оценки нарушений микробиома почвы рекреационных зон Центрального района г. Воронежа. В пригородных лесопарковых зонах сохраняются видовой состав микромицетов и актиномицетов, типичный для регионального фона, наблюдали перераспределение по степени доминирования. Наиболее нарушены микробные сообщества почвы рекреационных зон в центре города вблизи автомагистралей, перекрёстков и транспортных развязок, независимо от их природоохранного статуса. В ранге доминантов появляются токсигенные и аллергенные виды микромицетов, что представляет санитарно-гигиеническую опасность для городского населения. В наиболее загрязненных почвах накапливаются ярко пигментированные секции актиномицетов. Выявлены индикаторные на городскую нагрузку виды, которые могут использоваться для микологического мониторинга рекреационных зон города.

**Ключевые слова:** биоиндикация почвы, городская нагрузка, актиномицеты, микромицеты, рекреационные зоны.

### SOIL BIOINDICATION PARAMETERS FOR ASSESSING THE URBAN LOAD ON DIFFERENT TYPES OF RECREATION IN VORONEZH

S.S. Astanin, I.M. Balbekova, I.D. Svistova

*Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia*

**Abstract.** The composition and structure of complexes of mycelial microorganisms have been studied to assess violations of the soil microbiota in recreational areas of the Central district of Voronezh. The species composition of micromycetes and actinomycetes typical of the regional background is preserved in suburban forest park areas, and redistribution by degree of dominance was observed. The most disturbed microbial communities are the soils of recreational areas in the city center near highways, intersections and transport interchanges, regardless of their conservation status. Toxigenic and allergenic types of micromycetes appear in the rank of

dominants, which poses a sanitary and hygienic danger to the urban population. In the most polluted soils, brightly pigmented sections of actinomycetes accumulate. The types of indicators for urban load have been identified, which can be used for mycological monitoring of recreational areas of the city.

**Keywords:** soil bioindication, urban load, actinomycetes, micromycetes, recreational areas.

### **Введение**

На протяжении многих лет нами проводились исследования микробного сообщества почвы различных функциональных зон города Воронежа, на основании которых были предложены информативные показатели для проведения биомониторинга загрязнения почв в промышленных, транспортных и селитебных зонах. Наиболее удобными для микробиоиндикации почвы оказались мицелиальные микроорганизмы (микробицеты или плесневые грибы и актиномицеты – ветвящиеся бактерии) [6, 7, 8, 12].

Обычно в качестве фоновых почв в биоиндикационных исследованиях в городах используют почвы рекреаций как испытывающих минимальную антропогенную нагрузку. Ряд городских рекреаций в Воронеже имеют статус ООПТ («памятники природы» городского или регионального значения), кроме того, есть много старых и новых парков и скверов без природоохранного статуса. Однако многие рекреации расположены в центре города, вблизи оживлённых транспортных развязок и перекрёстков. Как известно, именно в условиях городских «пробок» двигатели автотранспорта работают в режиме «форсажа», продукты неполного сгорания топлива, содержащие токсичные поллютанты, оседают на почву.

**Цель исследования** – сравнительное изучение микробного сообщества разных категорий рекреаций города Центрального района города Воронежа и выбор параметров биоиндикации для оценки городской нагрузки на почвы рекреаций.

**Материалы и методы исследования.** Образцы почвы отбирали из слоя почвы 0–20 см в проекции кроны деревьев (типичная зональная растительность, преобладают берёза, клён, липа, тополь). Всего проанализировано 15 смешанных образцов почвы, отобранных в середине вегетационного сезона (июнь 2023 г.).

Варианты опыта: контроль – Воронежский биосферный заповедник; слабо нарушенные пригородные лесопарковые рекреационные зоны – Воронежская нагорная дубрава, санаторий им. М. Горького, окрестности ВГЛТУ, ВГАУ; рекреации со статусом ООПТ – дендропарк им. К.Д. Глинки, агробиостанция ВГПУ, Центральный городской парк, Кольцовский сквер; рекреации без природоохранного статуса - сквер у Дома офицеров, Первомайский сад, сквер по ул. Дзержинского, сквер «Надежда», Петровский сквер. Городские рекреации отличались также по месторасположению и удалённости от транспортных зон [1].

Почвы заповедника и пригородной лесной зоны – серые и темно-серые лесные, в черте города – техногенно-преобразованные почвы с нарушенными горизонтами или урбаноземы.

Учет численности микроорганизмов проводили методом посева на питательные среды (актиномицеты на крахмало-аммиачном агаре, микробицеты – на среде Чапека) [10, 12]. Видов состав микробицетов определяли с помощью классических определителей для разных классов грибов, секционный состав актиномицетов – по Гаузе [3]. Структуру

комплексов оценивали по критерию частоты встречаемости и плотности вида [6]. Выделяли доминантные, часто встречающиеся и редкие виды. Токсигенные свойства видов описывали по работам [2, 5, 11, 13], аллергенные свойства – по работам [4, 5, 9, 13].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Все виды, как грибов, так и актиномицетов, мы разделили на три группы по их реакции на городскую нагрузку. Чувствительными считали виды, ранг доминирования которых снижался в почвах городских рекреаций, устойчивыми считали виды, ранг которых не менялся в городе по сравнению с контролем, индикаторными на городскую нагрузку считали виды, ранг которых возрастал в почве городских рекреаций.

В табл. 1 представлены результаты исследования по комплексу почвенных микромицетов. Для того, чтобы понять, почему типичные почвенные грибы проявили разную устойчивость к городской нагрузке, важно оценить эколого-биологические характеристики видов.

В группу чувствительных видов входили характерные для целинной почвы лесостепной зоны вида рода *Penicillium* и *Cephalosporium*, которые, как показано другими авторами, исчезают при разнообразных видах антропогенной нагрузки [6]. Кроме того, грибы родов *Mucor*, *Rhizopus*, *Chaetomium* активно минерализуют растительный опад, а виды рода *Fusarium* являются факультативными фитопатогенами и зимуют на растительных остатках в почве, очевидно, снижение ранга таких видов связано с регулярным удалением растительного опада на территории рекреаций в центре города.

Обращает на себя внимание тот факт, что большинство устойчивых и индикаторных видов почвенных микромицетов способны синтезировать микотоксины, большинство – токсины широкого спектра действия.

Таблица 1. Группы микромицетов по реакции на городскую нагрузку

Группы	Виды микромицетов	Свойства видов	
		токсигенные	аллергенные
Чувствительные	<i>Mucor ramosissimus</i>	-	-
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	-	-
	<i>Chaetomium piluliferum</i>	+	-
	<i>Cephalosporium acremonium</i>	-	-
	<i>Penicillium simplicissimus</i>	-	-
	<i>P. tardum</i>	-	-
	<i>P. lilacinum</i>	-	-
	<i>Rhizopus grisea</i>	+	-
	<i>Fusarium solani</i>	-	-
Устойчивые	<i>P. canescens</i>	+	+
	<i>Aspergillus wentii</i>	+	+
	<i>A. niger</i>	+	+
	<i>Trichoderma harzianum</i>	+	+
	<i>T. koningii</i>	+	+
Индикаторные	<i>P. daleae</i>	-	+
	<i>P. notatum</i>	+	+
	<i>P. rubrum</i>	+	+
	<i>P. versicolor</i>	+	+
	<i>P. velutinum</i>	+	+
	<i>P. viridicatum</i>	+	+
	<i>A. fumigatus</i>	+	+

Вероятно, эта способность обеспечивает таким видам выигрыш в конкурентной борьбе с другими видами грибов в загрязненной, нарушенной и обедненной почве городских рекреаций [2].

Кроме того, многие виды микромицетов, накапливающиеся в городской почве, проявляют аллергенное действие [5, 9, 13], что представляет определённую опасность для городского населения с пониженным иммунным статусом. Поднимаясь вместе с частицами почвы в воздух, споры этих грибов могут вызывать аллергические реакции у людей.

В табл. 2 представлены результаты исследования комплекса актиномицетов почвы рекреационных зон.

Таблица 2. Группы актиномицетов по реакции на городскую нагрузку

Группы	Виды актиномицетов	Окраска воздушного мицелия
Чувствительные	<i>Streptomyces albus albus</i> <i>Str. albus albocoloratus</i> <i>Micromonospora</i>	белый белый серый
Устойчивые	<i>Str. azureus</i> <i>Str. cinereus chromogenes</i> <i>Str. cinereus achromogenes</i> <i>Str. cinereus chrysomallus</i> <i>Str. cinereus violaceus</i> <i>Nocardia</i>	голубой серый серый зеленый фиолетовый коричневый
Индикаторные	<i>Str. roseus ruber</i> <i>Str. roseus fuscus</i>	красный коричневый

Во всех почвенных пробах преобладали стрептомицеты, другие роды были минорными. Чувствительными к городской нагрузке были род *Micromonospora* и представители секции *albus* рода *Streptomyces*.

Выявлены устойчивые и индикаторные группы актиномицетов: не снижал ранга род *Nocardia*, представители секции *cinereus* и *azureus* из стрептомицетов, появлялись нетипичные в почве контроля и пригородных лесопарков стрептомицеты секции *roseus*.

Преобладание ярко окрашенных колоний актиномицетов в почвах городских рекреаций, расположенных вблизи транспортных развязок, может отражать их устойчивость к загрязнению: считают, что нафтохиноновые и каротиноидные пигменты способствуют разрушению перекисей, накапливающихся в клетках в стрессовых условиях, например, в присутствии тяжёлых металлов [3, 13].

### Заключение

В результате биоиндикации почвы разных категорий рекреаций Воронежа нами установлено, что комплексы мицелиальных микроорганизмов могут использоваться как информационные параметры для оценки степени городской нагрузки. Почвы пригородных лесопарковых зон сохраняли видовой состав, близкий к региональному фону, наблюдали некоторое перераспределение видов по степени доминирования. Наиболее нарушены микробные сообщества почвы рекреационных зон в центре города, независимо от их природоохранного статуса. В ранге доминантов появляются токсигенные и аллергенные виды микромицетов и ярко пигментированные секции актиномицетов. Выявлены индикаторные на городскую нагрузку виды, которые могут использоваться для микологического мониторинга.

### Список литературы

1. Астанин, С.С. Состав и структура комплекса микромицетов почвы различных типов рекреаций Воронежа / С. С. Астанин, Н. Н. Назаренко, И. Д. Свистова // Научные чтения памяти профессора Б.М. Козо-Полянского - 2024 (LXVI): Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 23-24 января 2024 года. – Воронеж: ООО "Издательство "Научная книга", 2024. С. 10-15.
2. Билай, В.И. Определитель токсинообразующих микромицетов / В.И. Билай, З.А. Курбацкая. – Киев: Наукова думка, 1990. 233 с.
3. Гаузе, Г.Ф. Определитель актиномицетов / Г.Ф. Гаузе, Т.П. Преображенская, М.А. Свешникова. – Москва: Наука, 1983. 247 с.
4. Звягинцев, Д.Г. Почвенные микроорганизмы и здоровье человека / Д.Г. Звягинцев // Перспективы развития почвенной биологии. – Москва: МАКС Пресс, 2001. С. 163-170.
5. Кашкин, П.Н. Определитель патогенных, токсигенных и вредных для человека грибов / П.Н. Кашкин – Москва: Медицина, 1979. 137 с.
6. Мирчинк, Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. – Москва: МГУ, 1988. 220 с.
7. Назаренко, Н.Н. Роль микромицетов в формировании агрессивной среды города (на примере почвы различных функциональных зон Воронежа) / Н.Н. Назаренко, И.Д. Свистова // Проблемы медицинской микологии. 2016. Т. 18. № 1. С. 32-35.
8. Назаренко, Н.Н. Актиномицеты как биоиндикационный показатель автотранспортного загрязнения почвы / Н.Н. Назаренко, И.Д. Свистова, И.И. Корецкая // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Киров: ВятГУ, 2020. С. 139-144.
9. Свистова, И.Д. Санитарно опасные мицелиальные микроорганизмы в почвах Воронежа / И.Д. Свистова, Н.Н. Назаренко, И.И. Корецкая // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 3. С. 247-250.
10. Теппер, Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – Москва: Дрофа, 2004. 216 с.
11. Тутельян, В.А. Микотоксины (медицинские и биологические аспекты) / В.А. Тутельян, Л.В. Кравченко. – Москва: Медицина, 1985. 320 с.
12. Терехова, В.А. Микромицеты в экологической оценке водных объектов и наземных экосистем / В.А. Терехова. – Москва: Наука, 2007. 215 с.
13. Хабирова, С.Р. Методы исследования почвенных микромицетов при оценке биологических эффектов загрязнения среды / С.Р. Хабирова, Э.А. Шуралев, М.Н. Мукминов. – Казань: Казанский университет, 2022. 128 с.

## References

1. Astanin, S.S. Composition and structure of the complex of soil micromycetes of different types of recreation in Voronezh / S.S. Astanin, N.N. Nazarenko, I.D. Svistova // Scientific Readings in memory of Professor B.M. Kozo-Polyansky - 2024 (LXVI): Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Voronezh, 23-24 January 2024. - Voronezh: LLC "Publishing House "Scientific Book", 2024. C. 10-15.
2. Bilay, V.I. Determinator of toxin-forming micro-mycetes / V.I. Bilay, Z.A. Kurbatskaya. - Kiev: Naukova Dumka, 1990. 233 c.
3. Gauze, G.F. Determinator of actinomycetes / G.F. Gauze, T.P. Preobrazhenskaya, M.A. Sveshnikova. - Moscow: Nauka, 1983. 247 c.
4. Zvyagintsev, D.G. Soil microorganisms and human health / D.G. Zvyagintsev // Prospects of soil biology development. - Moscow: MAKS Press, 2001. C. 163-170.
5. Kashkin, P.N. Determinator of pathogenic, toxigenic and harmful for human fungi / P.N. Kashkin - Moscow: Medicine, 1979. 137 c.
6. Mirchink, T.G. Soil mycology / T.G. Mirchink. - Moscow: Moscow State University, 1988. 220 c.
7. Nazarenko, N.N. The role of micromycetes in the formation of aggressive environment of the city (on the example of soil of different functional zones of Voronezh) / N.N. Nazarenko, I.D. Svistova // Problems of medical mycology. 2016. T. 18. № 1. C. 32-35.
8. Nazarenko, N.N. Actinomycetes as a bioindication indicator of motor transport pollution of soil / N.N. Nazarenko, I.D. Svistova, I.I. Koretskaya // Production and consumption waste utilisation: innovative approaches and technologies : proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference. - Kirov: VyatSU, 2020. C. 139-144.
9. Svistova, I.D. Sanitary dangerous mycelial microorganisms in the soils of Voronezh / I.D. Svistova, N.N. Nazarenko, I.I. Koretskaya // Hygiene and sanitation. 2016. T. 95. № 3. C. 247-250.
10. Tepper, E.Z. Practicum on microbiology / E.Z. Tepper, V.K. Shilnikova, G.I. Pereverzeva. - Moscow: Drofa, 2004. 216 c.
11. Tutelyan, V.A. Mycotoxins (medical and biological aspects) / V.A. Tutelyan, L.V. Kravchenko. - Moscow: Medicine, 1985. 320 c.
12. Terekhova, V.A. Micromycetes in ecological assessment of water bodies and terrestrial ecosystems / V.A. Terekhova. - Moscow: Nauka, 2007. 215 c.
13. Khabirova, S.R. Methods of research of soil micro-mycetes at estimation of biological effects of environment pollution / S.R. Khabirova, E.A. Shuralev, M.N. Mukminov. - Kazan: Kazan University, 2022. 128 c.