

DOI: 10.34220/BSNAPC2022_81-86

УДК 58.071

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОЧВЕННОГО ФИТОТОКСИКОЗА
РАЗНЫХ ГОРОДСКИХ ЗОН ВОРОНЕЖА
MICROBIOLOGICAL FACTORS OF SOIL PHYTOTOXICOSIS
OF DIFFERENT URBAN ZONES OF VORONEZH

Молодых Т.А., магистрант 2 курса **Molodykh T.A.**, 2nd-year Master's student of Естественно-географического факультета, the Faculty of Natural Geography, specialty направление подготовки "Биологическое образование" ФГБОУ ВО "Воронежский государственный педагогический университет, Россия, Воронеж "Biological Education" FSBEI HE Voronezh State Pedagogical University, Russian Federation, Voronezh

Свистова И.Д., профессор ФГБОУ ВО "Воронежский государственный педагогический университет, Россия, Воронеж **Svistova I.D.**, Professor, FSBEI HE Voronezh State Pedagogical University, Russian Federation, Voronezh

Аннотация: Установлено, что фитотоксическая активность почвы разных зон Воронежавозрасталапропорциональна уровню городской нагрузки с максимумом в середине вегетационного сезона. В жилых зонах г. Воронежа фитотоксикоз почвы оказался в 2,5-4,3 раза выше, чем в рекреациях. Наиболее чувствительным параметром мониторинга почвы служит биотест по росту корня проросткатест-растения. Выявлена роль биогенного фактора в развитии почвенного фитотоксикоза – накопление токсигенных видов микромицетов.

Заметное снижение видового разнообразия и смена типичных видов указывает на стрессовую реакцию комплекса почвенных микромицетов в урбоэкосистемах. Исчезают медленно растущие виды грибов, стенотопные для лесостепи. В ранг типичных переходят эвритопные виды, известные как активные токсинообразователи с широким спектром биологического действия (в том числе и фитотоксического). Направленность сукцессии микромицетов в почве урбоэкосистемы указывает на усиление конкурентных и антибиотических взаимоотношений под влиянием городской нагрузки. Рост микробного токсикоза городских почв необходимо учитывать при оценке устойчивости урбофитоценозов.

Summary: It was found that the phytotoxic activity of the soil of different zones of Voronezh increased in proportion to the level of urban load with a maximum in the middle of the vegetation season. In residential areas of Voronezh, phytotoxicosis of the soil was 2.5-4.3 times higher than in recreational areas. The most sensitive parameter of soil monitoring is a biotest for the growth of the root of a test plant seedling. The role of the biogenic factor in the development of soil phytotoxicosis – the accumulation of toxigenic species of micromycetes - has been revealed.

A noticeable decrease in species diversity and a change in typical species indicates a stress reaction of the complex of soil micromycetes in urban ecosystems. Slowly growing species of fungi that are stenotopic for the forest-steppe are disappearing. Eurytopic species known as active toxin-forming agents with a wide range of biological effects (including phytotoxic ones) are moving to the rank of typical ones. The direction of the succession of micromycetes in the soil of the urban ecosystem indicates the strengthening of competitive and antibiotic relationships under the influence of urban load. The growth of microbial toxicosis of urban soils should be taken into account when assessing the stability of urban phytocenoses.

Ключевые слова: городские почвы, фитотоксическая активность, комплекс микромицетов, токсигенные виды.

Keywords: urban soils, phytotoxic activity, micromycete complex, toxigenic species.

Введение.

Микробиоиндикация почвы урбоэкосистем до недавнего времени проводилась только в мегаполисах (Токио, Москва и др.). В последние годы расширяется список городов, где выполняются подобные исследования с целью выяснения направленности микробной сукцессии почвы, подверженной разным видам городской нагрузки. Эффекты различаются для разных природных зон, разных типов почв и уровня загрязнения [1, 2, 4, 5]. Считается, что урбопочвы, сформированные на основе черноземов, более буферные и устойчивые к антропогенной нагрузке. Почвы рекреационных зон Воронежа относят к категории слабо загрязненных (средний суммарный показатель загрязнения по 6 поллютантам Z 9,0), а селитебных зон Правобережной части города – к средне загрязненным (средний Z 23,4, но в некоторых точках достигает 40, что соответствует опасному уровню загрязнения) [3, 8]. В более ранних наших работах были обнаружены перестройки микробного сообщества в почве города Воронежа [7].

Другим аспектом биодиагностики является определение фитотоксической активности почвы, что отражает нарушение связей в системе *почва – микробное сообщество – растения* в урбоэкосистемах [2, 9]. Имеются сведения, что рост и развитие растений в городских почвах угнетен не только под действием накопленных в почве поллютантов, но и в результате токсического действия микробных метаболитов.

Цель исследования – изучить динамику фитотоксической активности почвы городских зон Воронежа с разным уровнем нагрузки (селитебная, рекреации) и вклад комплекса микромицетов почвы в развитие фитотоксикоза.

Объекты и методы исследования.

Пробы почвы отбирали из слоя 0-20 см в мае, июле и октябре 2020 г. в рекреационных зонах Воронежа (Центральный городской парк, ботанический сад ВГУ, дендрарий ВГЛТУ, парк ВГАУ) и во внутриквартальных зонах жилой застройки Центрального района. Всего проанализировано 12 почвенных образцов рекреаций и 10 образцов почвы селитебных зон. Все опыты проведены в 3-х биологических повторах.

Фитотоксическую активность почвы определяли методом почвенных пластинок (тест-объект редис сорта Жара). Определяли два параметра: всхожесть семян и рост корня проростка [6].

Микромицеты выделяли из почвы на среде Чапека рН 4,5. Видовую идентификацию микромицетов проводили по определителям для соответствующих классов. Определяли пространственную и временную частоты встречаемости видов и оценивали структуру комплекса почвенных грибов по принятым в микологии критериям [6]. По этим же показателям рассчитывали индексы α - и β -разнообразия комплексов микромицетов почвы разных городских зон.

Результаты исследования и их обсуждение.

Фитотоксическая активность почвы разных зон Воронежа возрастала пропорциональна уровню городской нагрузки с максимумом в середине вегетационного сезона (табл. 1). В селитебных зонах г. Воронежа фитотоксикоз почвы оказался в 2,5-4,3 раза выше, чем в рекреациях, и превышал санитарно опасный уровень (20%). Наиболее чувствительным параметром мониторинга почвы служит биотест по росту корня проростка тест-растения, всхожесть семян различалась незначительно в вариантах опыта.

Таблица 1 – Фитотоксическая активность почвы разных городских зон Воронежа в динамике по сезону 2020 г. (% ингибирования, $M_{cp} \pm m$)

Сроки отбора проб	Рекреации		Селитебные зоны	
	всхожесть	роста корня проростка	всхожесть	роста корня проростка
май	2,5±0,4	7,4±1,2	3,8±0,7	28,7±3,0
июль	3,7±0,3	10,0±0,7	4,0±0,2	30,2±1,9
октябрь	3,2±0,5	5,9±1,6	4,9±0,6	25,7±2,2
среднее	3,1±0,3	7,8±1,5	4,2±0,5	28,2±1,8

В почве рекреаций в ранге типичных в разных пробах обнаружены 10-12 видов грибов, их суммарная плотность 69-73%. Преобладали несовершенные грибы класса *Deuteromycetes* семейства *Moniliaceae*. Кроме того, до 20 видов микромицетов выделяли из почвы рекреаций в ранге случайных. Индекс видового разнообразия Шеннона достигал высоких значений 2,5-2,8, что значительно превышает аналогичный показатель дерново-подзолистых почв [2, 5].

В почве селитебной зоны Воронежа обнаружено упрощение структуры комплекса почвенных микромицетов: плотность типичных видов грибов отличалась незначительно (58-77%), но наблюдали заметное сокращение видового богатства. В ранге типичных выделяли 5-9 видов, в ранге случайных только 3-4 вида грибов, индекс Шеннона составлял 1,8-2,2.

Снижение видового разнообразия почвенных микромицетов соответствует концепции «концентрации доминирования» почвенного микробного сообщества в условиях антропогенной нагрузки [9]. Коэффициент Серенсена составлял 0,4-0,7 (что соответствует среднему сходству комплексов почвенных грибов) для разных городских зон Воронежа.

Таблица 2 – Показатели видового разнообразия комплекса почвенных микромицетов разных городских зон Воронежа

Показатели	Рекреации	Селитебные зоны
Видовое богатство	21-33	8-13
Типичные виды	10-12	5-9
Случайные виды	12-21	3-4
Плотность типичных видов, %	69-73	58-77
Индекс биоразнообразия Шеннона	2,5-2,8	1,8-2,2
Коэффициент сходства Серенсена	1,0	0,45-0,62

Среди типичных видов грибов в почве рекреаций представители родов *Penicillium* (*P. tardum*, *P. simplicissimus*, *P. funiculosum*) и *Aspergillus* (*A. alliaceus*, *A. ustus*, *A. wentii*), *Rhizopusstolonifer*, *Paecilomyceslilacinum*, *Fusariumsolani*, *Acremoniumalternatum*, *Botrytis cinerea*, *Sporotrichumpiluliferum*, *Trichodermakoningii*. Среди выделенных в ранге случайных виды грибов *Aspergillus candidum*, *Gliocladiumvirens*, *Chaetomiumpiluliferum*, *Cephalosporiumacremonium*, *Humicolagrisea* и др. Видовой состав микромицетов соответствует данным других авторов по черноземным почвам, хотя уступает целинным черноземам по видовому разнообразию.

В почве селитебных зон Воронежа виды микромицетов *Fusariumsolani*, *Rhizopusstolonifer*, *Penicilliumtardum*, *Penicilliumsimplicissimus* переходили в ранг случайных. Типичными же оказались виды грибов *Trichodermaharzianum*, *Talaromycesflavus*, *Aspergillusniger*, *Stachybotryschartarum*, *Aspergilluswentii*, которые в рекреациях были случайными.

Таблица 3 – Состав и структура комплекса почвенных микромицетов разных городских зон Воронежа

Ранг видов	Рекреации	Селитебные зоны
Типичные	<i>Penicilliumtardum</i> <i>Penicilliumsimplicissimus</i> <i>Penicilliumfuniculosum</i> * <i>Aspergillusalliaceus</i> * <i>Aspergillusustus</i> * <i>Rhizopusstolonifer</i> <i>Paecilomyceslilacinum</i> <i>Fusariumsolani</i> <i>Acremoniumalternatum</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Sporotrichumpiluliferum</i> <i>Trichodermakoningii</i>	<i>Trichodermaharzianum</i> * <i>Talaromycesflavus</i> * <i>Aspergillusniger</i> * <i>Stachybotryschartarum</i> * <i>Aspergilluswentii</i> * <i>Aspergillusustus</i> *
Случайные	<i>Aspergilluscandidum</i> <i>Aspergilluswentii</i> * <i>Gliocladiumvirens</i> <i>Chaetomiumpiluliferum</i> <i>Cephalosporiumacremonium</i> <i>Humicolagrisea</i>	<i>Fusariumsolani</i> <i>Rhizopusstolonifer</i> <i>Penicilliumtardum</i> <i>Penicilliumsimplicissimus</i>

*- токсигенные виды.

Заметное снижение видового разнообразия и смена типичных видов указывает на стрессовую реакцию комплекса почвенных микромикотомов в урбозкосистемах. Исчезают медленно растущие виды грибов, стенолюбивые для лесостепи. В ранг типичных переходят эврибиотические виды, известные как активные токсинообразователи с широким спектром биологического действия (в том числе и фитотоксического). Направленность сукцессии микромикотомов в почве урбозкосистемы указывает на усиление конкурентных и антибиотических взаимоотношений в микробном сообществе под влиянием городской нагрузки.

Таким образом, нами подтверждена важная роль биогенного фактора в развитии почвенного фитотоксикоза в урбозкосистемах. Ведущую роль в условиях антропогенной нагрузки играет накопление токсигенных видов микромикотомов. Этот факт подтверждает нарушение биотических связей в системе *почва – микробное сообщество – растения*. Рост микробного токсикоза городских почв необходимо учитывать при оценке устойчивости урбофитоценозов.

Список литературы

1. Артамонова, В.С. Микробные комплексы почв урбанизированных территорий [Текст] / В.С. Артамонова, С.Б. Бортникова, И.Б. Ившина и др. // Сибирский экологический журнал.- 2007.- Т.14.- №5.- С. 797–809
2. Забелина, О.Н. Экологическое состояние парково-рекреационных урбаноземов города Владимира [Текст] / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012. - №1. - Т.14. - С. 2140–2143
3. Куролап, С.А. Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска [Текст] / С.А. Куролап, С.А. Епринцев, В.И. Федотов и др. - Издательство: «Истоки» - Воронеж. - 2010. 207 с.
4. Медведева, М.В. Микробиологический мониторинг состояния городских почв [Текст] / М.В. Медведева // Гигиена и санитария.- 2010.- №2. С. 45-48.
5. Меркулова, М.Ю. Комплексный мониторинг экологического состояния урбаноземов по биологическим показателям (на примере г. Саратова) [Текст] / М.Ю. Меркулова, Е.И. Тихомирова, О.В. Абросимова // Теоретическая и прикладная экология.- 2015.- №4. С. 25-29.
6. Методы экспериментальной микологии [Текст] / Под ред. В.И. Билай – Издательство:«Наукова думка».- Киев. 1982.- 550 с.
7. Молодых, Т.А. Рекреационные зоны Воронежа - резерв биоразнообразия почвенного микобиома[Электронный ресурс] // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021». Секция Почвоведение / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова: сайт URL :https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2021/data/section_23_22145.htm (дата обращения 20.01.2022).
8. Назаренко, Н.Н. Оценка загрязнения тяжелыми металлами и углеводородами почв урбозкосистемы [Текст] / Н.Н. Назаренко, Н.В. Каверина, И.Д. Свистова // Черноземы

Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования – Издательство: «ВГУ».- Воронеж.- 2017.- С. 380-384.

9. Терехова, В.А. Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред [Текст] / В.А. Терехова, Т.Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология.- 2013.- №1.- С. 107-118.
10. Дорофеева В.Д. Состояние лжетсуги Мензиса (*Pseudotsuga Menziesii* (MIRB) FRANCO) в дендрарии ВГЛТА / В.Д. Дорофеева, В.Т.Попова// В сборнике: Динамика лесистости в малолесных районах европейской части России. Проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Научный редактор: Я.В. Панков. – 2003.- С. -105-107.
11. Калаев В.Н. Индивидуальные различия цитогенетических реакций семенного потомства дуба черешчатого на территориях с разным уровнем антропогенного загрязнения / В.Н. Калаев, Т.А. Девятова, А.А. Попова // В сборнике: КАРИОЛОГИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ. Сборник научных работ участников 6-го совещания по кариологии, кариосистематике и молекулярной филогении растений. РАН, Санкт-Петербургский научный центр РАН, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Русское Ботаническое общество, Санкт-Петербургское отделение Вавиловского общества генетиков и селекционеров. – 2009.- С. 152-153.