

УДК 574.24:579.26

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ И МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н. Г. Куимова¹, Л. П. Шумилова^{1,2}, Л. М. Павлова²

¹Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, г. Благовещенск
E-mail: ngkuimova@mail.ru

²Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск,

Изучено влияние показателей суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами на сообщества микромицетов, фитотоксичность почв и токсинообразующую способность грибов. Выявлено, что в зоне воздействия выбросов ТЭЦ и автотранспорта возрастала доля грибов, изменялась структура комплекса микромицетов, наблюдалось доминирование темноокрашенных форм. Установлена зависимость токсинообразующей способности грибов от показателей суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами. В почвах с высоким опасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами увеличивалась встречаемость условно-патогенных видов микромицетов.

Ключевые слова: городские почвы, микроскопические грибы, тяжелые металлы, фитотоксичность, токсикогенность грибов.

К группе наиболее опасных загрязнителей природных экосистем относятся тяжелые металлы (ТМ), которые вовлекаются в биогенный круговорот веществ и в первую очередь влияют на деятельность микроорганизмов, нарушая функционирование микробных сообществ почв (Микроорганизмы..., 1989; Звягинцев, 1999). Большое внимание исследователи уделяют изучению почвенных микроскопических грибов, которые контролируют широкий спектр экологических и средообразующих функций (разложение растительных и животных остатков, перевод элементов из геологического круговорота в биологический, регуляция состава органического вещества почв, структуры, и кислотности) и могут служить индикаторами загрязнения экосистем тяжелыми металлами (Марфенина, 1987; Гузев, 1988; Терехова, 2007).

В настоящее время наблюдается активное исследование структуры комплексов микромицетов в почвах и воздушной среде в зонах техногенных выбросов (Лебедева, 1993; Олишевская и др., 2006) в условиях крупных мегаполисов Европейской части России (Марфенина, 2005). Анализ литературных источников показал, что практически отсутствуют данные о состоянии почвенных микроскопических грибов в условиях малых городов на территории Дальневосточного региона. В связи с этим целью исследований явилось изучение влияния загрязнения почв тяжелыми металлами на состав сообщества микромицетов, фитотоксич-

ность городских почв и микроскопических грибов на территории г. Благовещенска (Амурская область).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для выполнения микробиологического и химического анализа произведен отбор образцов почв в разных зонах г. Благовещенска: промышленной – зона влияния ТЭЦ (Т); влияния автотранспорта – кольцевая автомагистраль (М), автовокзал (А); рекреационного комплекса – Городской и Первомайский парки (ГП, ПП). В качестве фона выбрана заповедная территория урочища «Мухинка» в 40 км к северу от города на берегу р. Зея (Ф).

Микробиологический анализ проводили методом прямого высева 10-кратных разведений почвенной суспензии на плотные питательные среды (МПА, Чапека, ККА), посевы инкубировали при температуре 25°C в течение 3 (бактерии) и 7 сут (грибы). Учет общего количества бактерий и грибов выполняли подсчетом колоний на чашках и выражали в КОЕ (колониеобразующие единицы) / 1 г сухой почвы. Микромицеты идентифицировали по соответствующим определителям (Егорова, 1986; Raper, Thom, 1949; Raper, Fennel, 1965).

Фитотоксичность почв оценивали по всхожести семян и выживаемости проростков (Бабьева, Агре, 1971). В качестве тест-растений использовали семена редиса. Развитие проростков наблюдали в течение 7 дней при постоянных значениях

температуры и влажности. Токсичными считали почвы, вызывающие угнетение прорастания семян более чем на 20–30%. Контрольный вариант: семена замачивали в воде и раскладывали на увлажненной вате, покрытой стерильной фильтровальной бумагой.

Фитотоксичность микроскопических грибов, выделенных из городских почв, определяли методом замачивания семян в культуральной жидкости на 7-е сутки роста грибов в жидкой среде Чапека (Бабьева, Агре, 1971). Контрольные варианты: семена замачивали в водопроводной воде и стерильной питательной среде.

Пробы почв для химического анализа были просушены, растерты и просеяны через сито (1 мм). Определение физико-химических показателей почв выполняли по методике (Аринушкина, 1962). Ранее в городских почвах установлено валовое содержание тяжелых металлов – Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, V, As, Hg, Mn (Куимова и др., 2008). На основании полученных результатов дана эколого-химическая оценка загрязнения городских почв ТМ, которую проводили расчетом показателя их суммарного загрязнения (Перельман, Касимов, 1999): $Z_c = \sum K_{ci} - (n - 1)$, где Z_c – коэффициент концентрации элементов; K_{ci} – отношение содержания элемента (C_i) к его фоновому содержанию (C_{ϕ}), n – количество учитываемых элементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными источниками загрязнения в г. Благовещенске являются: ТЭЦ, выбросы которой составляют в среднем 18,8 тыс. т загрязняющих веществ в год; стационарные предприятия жилищно-коммунального хозяйства, автомобильный транспорт и большой частный сектор, который отапливается 8 мес в году. В воздушной среде города содержатся диоксиды азота и серы, сероводород, оксид углерода, формальдегид, тяжелые металлы, зола угольная, сажа, пыль (Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Амурской области. Отчет 2003), причем техногенные потоки загрязнения рассеиваются в направлении господствующих ветров с северо-запада на юго-восток (по розе ветров) на жилые кварталы.

Существуют различные подходы к проблеме систематики и классификации городских почв в России и за рубежом. По классификации, предложенной сотрудниками Почвенного института им. В. В. Докучаева (Лебедева и др., 1993), все почвы города подразделяются на следующие группы: **естественные** ненарушенные (почвы лесопарковых территорий города); **естественно-антропогенные**, поверхностно-преобразованные (естественные нарушенные); **антропогенные** глубокопреобразованные – урбаноземы и урбанотехноземы, техногенные поверхностные почвоподобные образования.

На территории старой части города присутствуют «островки» естественных почв с разной степенью нарушенности. К естественно ненарушенным относятся только почвы в ПП. Территория ГП, расположенного в центре города, испытывает большую антропогенную нагрузку, здесь находятся естественно-антропогенные, поверхностно-преобразованные почвы. В зоне влияния ТЭЦ (юго-западная сторона) исследованию подверглись также естественно-антропогенные, поверхностно-преобразованные почвы. В районах современной массовой застройки (М) присутствуют урбаноземы, сформированные отсыпанными почвогрунтами, строительным мусором, промышленно-бытовыми отходами на ранее заболоченной территории северо-западной части города, где идет строительство.

Основные физико-химические показатели урбанизированных почв города отличались от таковых в естественных ненарушенных почвах (табл. 1). Реакция среды (рН) верхнего слоя городских почв (0–10 см) повышалась от слабокислой до слабощелочной; наблюдались резкие колебания органического углерода – от 1,4% в урбаноземах до 11,2% в парково-рекреационной зоне.

Элементы питания растений (P, K) распределялись в исследуемых почвах неравномерно. Показана высокая обогащенность верхнего горизонта городских почв подвижными формами фосфора и калия в сравнении с почвами фоновой территории: содержание калия выше в 2–6 раз, фосфора – в 6–8 раз. Самые высокие значения подвижных форм фосфора и калия установлены в естественно-антропогенных почвах. Такие различия в обеспечен-

Таблица 1. Физико-химические свойства городских почв
Table 1. Physical-chemical characteristics of town soils

Глубина, см	рН водный	рН _{KCl}	Органическое вещество, %	Подвижные формы, мг/кг		Обменные, мг-экв./100 г	
				K	P ₂ O ₅	Ca ²⁺	Mg ²⁺
ГП	6,55	6,00	5,2	111,0	213,3	4,57	0,13
ПП	6,20	5,60	11,24	131,6	177,3	6,32	0,25
ТЭЦ	7,25	6,20	6,21	286,6	236,9	8,86	0,37
М	7,12	5,85	1,37	83,2	83,7	3,77	0,31
Ф	5,50	5,00	2,49	46,5	27,6	0,93	0,086

ности почв элементами питания объясняются разным гранулометрическим составом почв города: суглинистые естественно-антропогенные почвы имеют большую сорбционную способность и обеспеченность элементами питания в сравнении с урбаноземами и фоновыми почвами Мухинки, представленными в основном супесями и песками.

При изучении загрязнения почв тяжелыми металлами определяются их валовые содержания и подвижные формы элементов, последние являются доступными для растений. Многие авторы отмечают низкую эффективность гигиенических нормативов на основе валовых показателей. Однако при изменении физико-химической обстановки, которая достаточно быстро изменяется в техногенных экосистемах, особенно в городах, тяжелые металлы переходят в подвижные формы. Химическое загрязнение тяжелыми металлами представляет собой «бомбу замедленного действия», а высокое валовое содержание токсичных элементов говорит о потенциальном неблагоприятном состоянии местности (Водяницкий, 2008). Загрязнение городов и промышленных регионов полиэлементно, и проблема взаимодействия тяжелых металлов и металлоидов не решена. Для определения степени загрязнения разработан показатель суммарного загрязнения почв (Z_c) (Саеи и др., 1990), который утвержден санитарно-гигиеническими нормами и используется при оценке загрязнения почв токсикантами. Критические значения, позволяющие охарактеризовать Z_c по степени опасности, распределяются в следующих пределах: $Z_c < 16$ – неопасный уровень, $16 < Z_c < 32$ – умеренно опасный, $Z_c > 32$ – опасный уровень загрязнения.

На основании данных валовых содержаний тяжелых металлов приводятся показатели суммарного загрязнения почв г. Благовещенска (рис. 1). Летом при непромывном типе водного режима почвы города иногда иссушаются до влажности завядания. В подобных условиях тяжелые метал-

лы антропогенного происхождения сосредоточены в основном в слое 0–10 см, так как образуют органо-минеральные комплексы с органическим веществом почв. Такое распределение металлов свидетельствует о биоаккумулятивном характере их накопления. Лишь в естественно ненарушенных почвах ПП незначительная часть подвижных форм элементов перемещается по профилю. Нейтральная и слабощелочная реакции среды в верхних горизонтах почвы способствуют прочному закреплению тяжелых металлов, поступающих с техногенными потоками.

В урбаноземах (М) процесс перераспределения металлов по профилю менее выражен, что связано с антропогенным характером происхождения почв и низким содержанием органического углерода, представленного в основном травянистым опадом. В верхнем корнеобитаемом слое (0–20 см) его содержание составляло 1,37%. Наибольший показатель суммарного загрязнения ($Z_c = 33,1$) тяжелыми металлами установлен в почвенном слое 10–20 см, здесь же наблюдалось некоторое увеличение органического углерода (до 1,6%).

Согласно полученным значениям суммарного загрязнения (Z_c) ТМ, почвы располагаются в следующей последовательности: Городской парк (37,9–36,4), район ТЭЦ (34,7–24,3), микрорайон (33,1–20,5), Первомайский парк (23,2–8,6). Таким образом, на территории г. Благовещенска выявлены локальные участки с высоким уровнем загрязнения почв – это территория в 50–100 м от ТЭЦ; почвы в радиусе до 50 м от кольцевой автомагистрали (М) и почвы Городского парка. Высокая степень загрязнения почв ГП объясняется несколькими факторами: небольшой территорией парка в центре города, где проходит оживленная автомагистраль; ГП испытывает большую рекреационную нагрузку, а также несомненное влияние оказывает ТЭЦ, выбросы которой направлены по розе ветров в сторону парка.

Подсчет общего содержания микроорганизмов (табл. 2) показал: наибольшая численность выявлена в почвах парково-рекреационной зоны (ПП, ГП). В почвах фоновой территории количество микроорганизмов ниже, чем в почвах парковой зоны города, что объясняется легким гранулометрическим составом (пески) фоновых почв, а также кислой реакцией среды гумусового горизонта, формирующегося в основном хвойным опадом. В урбаноземах в зоне кольцевой автомагистрали показатель численности значительно сократился (в 5–7 раз), что связано с низким содержанием органического углерода, неблагоприятными физико-химическими свойствами урбаноземов и токсичными выбросами автомобильного транспорта.

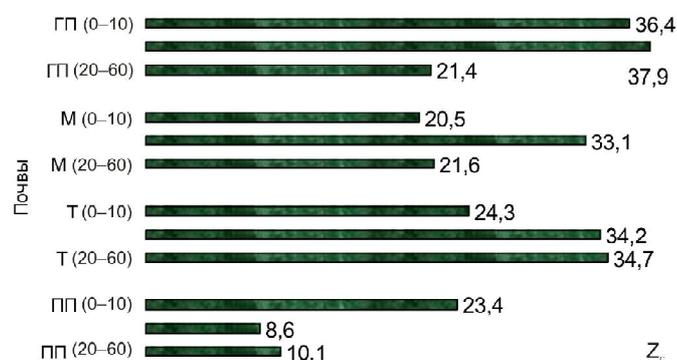


Рис. 1. Показатели суммарного загрязнения (Z_c) почв г. Благовещенска тяжелыми металлами

Fig. 1. Index of total soil pollution by heavy metals (Z_c) in Blagoveshchensk

Таблица 2. Общее количество микроорганизмов в корнеобитаемом слое (0–10 см) городских почв (КОЕ × 10³ / г сухой почвы)

Table 2. Total number of microorganisms in the root inhabited layer (0–10 sm) of town soil

Места отбора образцов	Бактерии	Грибы	Общее содержание микроорганизмов	Соотношение бактерии/грибы
ГП	1171,43	185,71	1357,14	6,3
ПП	1385,71	228,57	1614,28	6,1
Т	1071,43	200,0	1271,43	5,4
М	171,43	114,29	285,72	1,5
Ф	971,42	228,57	1200,0	4,2

В составе микробного комплекса городских почв преобладала бактериальная составляющая, соотношение бактерии/грибы в парковой зоне составило около 6. В зоне воздействия промышленных выбросов (Т) и автотранспорта (М) доля грибов значительно возросла.

В составе комплекса микромицетов в городских почвах в зоне действия автомобильного транспорта (М) преобладали: *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., в зоне влияния ТЭЦ – представители родов *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, в парковой зоне – *Penicillium* spp., *Trichoderma* spp., *Mucor* sp.

Заметные изменения в составе комплекса микромицетов наблюдались в урбаноцемах (М), здесь преобладали представители темноокрашенных форм – *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., уменьшилась численность пенициллов. Доминирование темноокрашенных микромицетов на загрязненных территориях объясняется большей резистентностью этих грибов к ТМ и ультрафиолетовому излучению благодаря присутствию у них меланиновых пигментов (Жданова, Василевская, 1988). Подобная тенденция прослеживалась в элементах городской среды разных климатических зон, что дает основание говорить о феномене «индустриального, городского меланизма» (Клауснитцер, 1990).

Комплекс микромицетов естественно-антропогенных поверхностно-преобразованных почв в зоне влияния ТЭЦ занимает промежуточное положение между комплексом грибов урбаноцемах и естественных ненарушенных почв (парковые территории города): здесь преобладают представители родов *Penicillium*, *Trichoderma*, подобно почвам ПП, однако достаточно многочисленны темноокрашенные формы (*Cladosporium* spp.), как в урбаноцемах (М). В зоне воздействия ТЭЦ и автомагистрали увеличивалась встречаемость условно-патогенных видов – *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma koningii*, которые являются сильными токсинообразователями. Отметим, что проведенный ранее анализ (Ку-

мова и др., 2007) показал доминирование представителей рода *Aspergillus* в воздушной среде города в районе ТЭЦ в зимнее время, что, вероятно всего, объясняется большими выбросами ТЭЦ в отопительный сезон и отсутствием экранирующего фильтра зеленых насаждений.

Таким образом, при одинаково высоких показателях суммарного загрязнения почв (Z_с) микробный комплекс в урбаноцемах (М) находится в более стрессовых условиях, чем в зоне влияния ТЭЦ, что объясняется дополнительными факторами воздействия – неблагоприятными физико-химическими характеристиками почв, низким содержанием органического вещества и другими свойствами урбаноцемов.

Определение фитотоксичности городских почв показало, что в зонах влияния ТЭЦ и активного воздействия автотранспорта наблюдалось подавление всхожести семян редиса на 20%, что свидетельствует о токсикологическом эффекте указанных почв на растения (рис. 2).

Для определения роли почвенных микромицетов в развитии токсикога городских почв изучено влияние метаболитов микроскопических грибов на всхожесть семян и выживаемость проростков. Всхожесть семян редиса, обработанных метаболитами, составила, %: М – 73–93, Т – 73–90, А – 90–100, ГП – 93–97, ПП – 100 (рис. 3). Несмотря на достаточно высокую всхожесть семян, установлена низкая жизнеспособность проростков. В вариантах, обработанных метаболитами грибов из почв промышленной зоны, получены следующие данные: М – от 21% выживаемости до 100%-ной гибели проростков; Т – 5–33% выживаемости; А – 22–76% выживаемости; ГП – от 38% выживаемости до 100%-ной гибели проростков. Самая низкая выживаемости проростков редиса выявлена в урбаноцемах. Все проростки имели угнетенный вид (скрюченный стебелек, пожелтевшие ли-

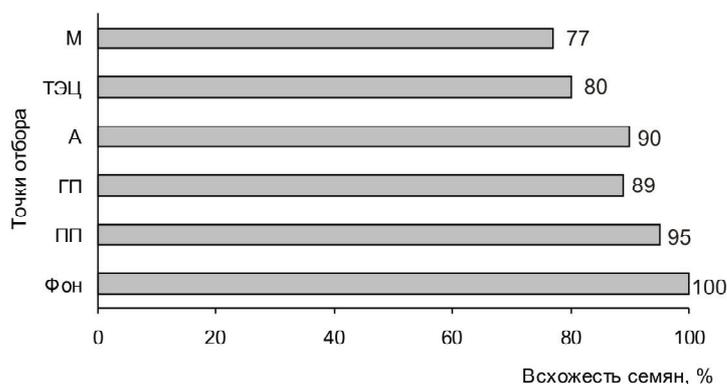


Рис. 2. Фитотоксичность городских почв

Fig. 2. Phytotoxicity of town soils

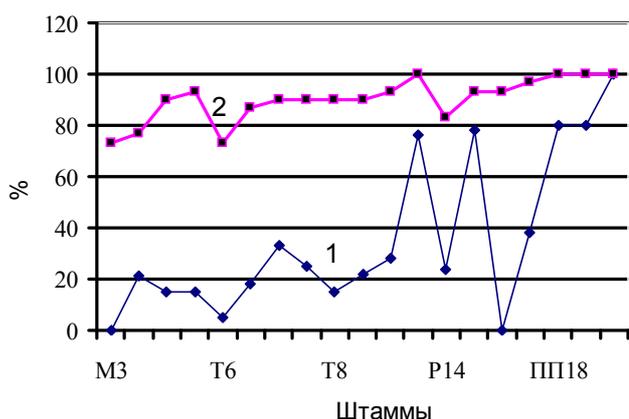


Рис. 3. Всхожесть семян (2) и выживаемость проростков (1) редиса после обработки метаболитами микромицетов

Fig. 3. Germination of seeds (2) and radish sprout survival (1) after processing by micromycete metabolites

сточки, недоразвитые корешки). Длина сохранившихся проростков не превышала 2–3 см, корешков – 3–5 см, тогда как в контрольных вариантах при 100%-ной всхожести семян длина проростков и корешков достигала соответственно 6 и 7 см. Обработка семян метаболитами микромицетов показала, что, несмотря на достаточно высокий процент всхожести семян редиса, большая часть проростков погибала. Токсинообразующая способность микроскопических грибов, выделенных из городских почв, уменьшалась в ряду $M > T > ГП > A > ПП$. Таким образом, исследования показали, что в зоне активного воздействия автотранспорта и ТЭЦ в почвах с высоким опасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами микроскопические грибы проявляют максимальную агрессивность по отношению к растениям: на 20–100% угнетают всхожесть и развитие проростков. Установлена обратная корреляционная зависимость (рис. 4) токсинообразующей способности микроскопических грибов от показателей суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами (Z_c). График зависимости находится в противофазе: чем выше степень загрязнения почв ТМ, тем ниже процент выживаемости проростков, и наоборот, выживаемость проростков резко увеличивается при низких показателях Z_c .

Результаты исследований подтверждают ранее полученные данные (Марфенина и др., 2002; Свицова и др., 2004), что доля токсинообразующих грибов в городских почвах, в том числе при воздействии тяжелых металлов, увеличивается, что является одной из причин развития почвоутомления при высокой техногенной нагрузке. Микотоксины, вторичные метаболиты грибов, повышают их конкурентоспособность в условиях техногенного воздействия. Синтез микотоксинов является для грибов защитной реакцией, позволяющей сохранить популяцию в неблагоприятных условиях

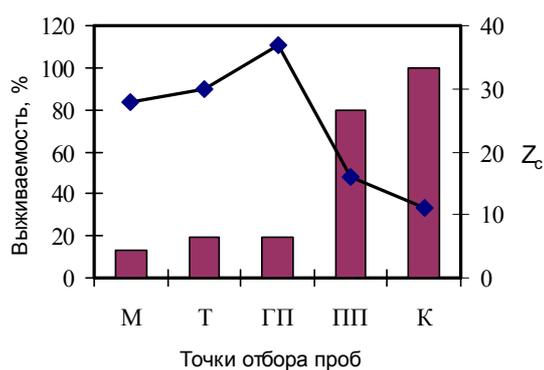


Рис. 4. Зависимость выживаемости проростков от суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами (Z_c)

Fig. 4. Dependence of radish sprout survival on the index of total heavy metal soil pollution (Z_c)

существования. Однако фитотоксичность почв зависит также от физико-химических характеристик почв, содержания органического вещества, гранулометрического состава и т. д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты химических и микробиологических исследований показали, что на территории г. Благовещенска существуют локальные участки с высоким уровнем загрязнения ($Z_c > 32$) почв – это урбаноземы в радиусе до 50 м от кольцевой автомагистрали, почвы в 50–100 м от ТЭЦ и на территории Городского парка.

В урбаноземах, в зоне воздействия автотранспорта, микроорганизмы находятся в стрессовых условиях, в результате чего увеличивается доля грибов, изменяется структура комплекса микромицетов, наблюдается доминирование темноокрашенных форм. Основными факторами такого негативного воздействия на грибы являются: высокий уровень суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами ($Z_c > 32$), неблагоприятные физико-химические характеристики почв, низкое содержание органического вещества и другие свойства урбаноземов.

Установлена зависимость токсинообразующей способности микроскопических грибов от показателей суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами. В городских почвах с высоким опасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами микроскопические грибы проявляют максимальную агрессивность по отношению к растениям и угнетают всхожесть семян и развитие проростков практически на 100%.

В зоне повышенных техногенных нагрузок (выбросы ТЭЦ, автотранспорта) увеличивалась встречаемость условно-патогенных видов, которые являются сильными токсинообразователями, что является одной из причин развития вторичного токсикоза городских почв. Однако степень почвоутомления зависит не только от загрязнения

почв поллютантами, фитотоксичности грибов, но и от физико-химических характеристик почв, содержания органического вещества, гранулометрического состава и т. д.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президиума ДВО РАН (11-III-B-06-129, 10-III-B-06-140, РФФИ 11-04-90733-моб_ст.).

ЛИТЕРАТУРА

- Ариунушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. – М. : Изд-во МГУ, 1962. – 491 с.
- Бабьева И. П., Агре И. С.* Практическое руководство по биологии почв. – М. : Изд-во МГУ, 1971. – 75 с.
- Водяницкий Ю. Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М. : Почв. ин-т РАСХН, 2008. – 165 с.
- Гузев В. С.* Экологическая оценка антропогенных воздействий на микробную систему почв : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1988. – 38 с.
- Егорова Л. Н.* Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. – Л. : Наука, 1986. – 192 с.
- Жданова Н. Н., Василевская А. И.* Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. – Киев : Наук. думка, 1988. – 196 с.
- Звягинцев Д. Г.* Строение и функционирование комплекса почвенных микроорганизмов // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М. : ГЕОС, 1999. – С. 101–112.
- Клауснитцер Б.* Экология городской фауны. – М. : Мир, 1990. – 248 с.
- Куимова Н. Г., Радомская В. И., Павлова Л. М. и др.* Особенности химического и микробиологического состава снегового покрова г. Благовещенска // Экология и пром-сть России. – 2007. – № 2. – С. 30–34.
- Куимова Н. Г., Шумилова Л. П., Павлова Л. М.* Оценка экологического состояния почв г. Благовещенска // Вестник РУДН. – 2008. – № 3. – С. 42–53. – (Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности).
- Лебедева Е. В.* Микромикеты почв в окрестностях комбината цветной металлургии на Кольском полуострове // Микология и фитопатология. – 1993. – Т. 27. – Вып. 1. – С. 12–17.
- Лебедева И. И., Тонконогов В. Д., Шишов В. Л.* Классификационное положение и систематика антропогенно преобразованных почв // Почвоведение. – 1993. – № 3. – С. 98–106.
- Марфенина О. Е.* Микробиологические грибы как показатель техногенного загрязнения почв // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М. : Наука, 1987. – С. 189–196.
- Марфенина О. Е.* Антропогенная экология почвенных грибов. – М. : Медицина для всех, 2005. – 196 с.
- Марфенина О. Е., Кулько А. Б., Иванова А. Е., Согонов М. В.* Микроскопические грибы во внешней среде города // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 36. – Вып. 4. – С. 22–31.
- Микроорганизмы и охрана почв.* – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.
- Олишевская С. В., Маничев В. И., Захарченко В. А. и др.* Влияние тяжелых металлов на микобиоту почв некоторых промышленных регионов Украины // Микология и фитопатология. – 2006. – Т. 40. – Вып. 2. – С. 133–139.
- Перельман А. И., Касимов Н. С.* Геохимия ландшафта. – М. : Астрель-2000, 1999. – 768 с.
- Саит Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др.* Геохимия окружающей среды. – М. : Недра, 1990. – 335 с.
- Свицова И. Д., Щербаков А. П., Фролова О. Л.* Токсины микромикетов чернозема: спектр антибиотического действия и роль в формировании микробного сообщества // Почвоведение. – 2004. – № 10. – С. 1220–1227.
- Терехова В. А.* Значение микологических исследований для контроля качества почв // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 643–648.
- Raper K. B., Fennel D. I.* The genus *Aspergillus*. – Baltimore, 1965. – 686 p.
- Raper K. B., Thom C. A.* A manual of the *Penicillia*. – Baltimore, 1949. – 875 p.

Поступила в редакцию 24.01.2011 г.

PHYTOTOXICITY OF SOILS AND MICROSCOPIC FUNGI AS THE ECOSYSTEM HEAVY METAL POLLUTION INDEX

N. G. Kuimova, L. P. Shumilova, L. M. Pavlova

The impact of the heavy metal pollution index (Z_p) on micromycete communities, soil phytotoxicity, and fungi toxicity is studied. It is revealed that in urbanosems the share of fungi increased; the structure of microfungal communities changed; darkly painted forms were observed to dominate in the zone of industrial emission and road transportation impact. The dependence of microscopic fungi phytotoxicity on the index of total heavy metal soil pollution (Z_p) is established. In soils with a high level of heavy metal pollution the occurrence of potentially pathogenic microfungi increased.

Key words: town soils, microscopic fungi, heavy metal, soil phytotoxicity, toxicity of fungi.