

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Федеральный экологический оператор»

Информационный центр по атомной энергии Кирова

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы
XXII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

г. Киров, 18–19 ноября 2024 г.

Киров 2024

УДК 502.1(082)
Б632

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Т. Я. Ашихмина, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук и Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

И. Ф. Чадин, директор, канд. биол. наук, **С. Г. Литвинец**, проректор, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **А. С. Олькова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. геогр. наук, **Е. В. Дабах**, с. н. с., канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Е. А. Клековкина**, доцент, канд. геогр. наук, **В. А. Козвонин**, с. н. с., канд. мед. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, м. н. с., **В. М. Рябов**, старший преподаватель, **М. Л. Сазанова**, н. с., канд. биол. наук, **Е. В. Товстик**, доцент, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **О. В. Чернова**, доцент, канд. хим. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Б632 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. (г. Киров, 18–19 ноября 2024 г.). – Киров : Вятский государственный университет, 2024. – 346 с.

ISBN 978-598228-285-9

В книгу вошли материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем». Освещены вопросы экологического мониторинга природных и техногенных систем. Представлены результаты исследований химии и экологии почв. Рассмотрены особенности экологии микроорганизмов, растений и животных. Особое внимание уделено применению методов биоиндикации и биотестирования в оценке качества окружающей среды.

Материалы конференции предназначены для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

УДК 502.1(082)

ISBN 978-598228-285-9

© Вятский государственный университет
(ВятГУ), 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кургузкин П. М. Вариант структуры данных для системного анализа результатов экологического мониторинга	9
Сафонов А. И. Стратегии CSR в экологической биодиагностике, экономике предприятий и политике государств	12
Ложкина Р. А., Томилина И. И. Оценка качества воды и донных отложений Рыбинского водохранилища (за период 2006–2023 гг.)	18
Жданов К. В., Загребина И. А., Коркишко К. А., Ажогина Т. Н. Наличие веществ, вызывающих окислительный стресс в донных отложениях соленых озер Крыма	22
Соловьёва Е. С., Пименов А. Ю. Оценка показателей качества водопроводной воды населенных пунктов Кировской области	24
Баранникова Н. Н., Морозова М. А., Федоров Ю. А., Гринченко А. А., Брусняк К. В. Санитарно-экологическая оценка гидросистемы озера Большое Турали	28
Чабина Е. А., Андрианова М. Ю. Флуориметрический мониторинг загрязнений речной воды	32
Карпов М. В., Мошненко К. И., Артына Н. К., Григорьев Ю. С. Показатели замедленной флуоресценции и оптической плотности в оценке чувствительности водоросли <i>Chorella vulgaris</i> к ионам меди и бихромату калия	36
Мышко В. Э., Макарова В. Н. Воздействие на водные биологические ресурсы разработки месторождения россыпного золота реки Приточной Красноармейского района Приморского края	41
Лановая О. Д., Полиниченко А. Е., Карчава Ш. Х., Климова М. В., Сазыкин И. С. Биодиагностика токсичности тканей рыб с использованием метода цельноклеточных биосенсоров	44
Маковская С. А. Применение микроядерного анализа с целью исследования загрязнения рек в пределах Центральносибирского заповедника	49
Мельникова А. В. Оценка состояния качества вод Куйбышевского водохранилища по показателям зообентоса	52
Гвоздарева М. А. Изменение количественных и качественных характеристик зоопланктона в период строительства Волжского моста (Самарская область)	57
Гинатуллина Е. Н. Оценка экологического состояния озер Восточный Арнасай и Тузкан с помощью зоопланктонных сообществ	62

Дрозденко Т. В. Индикаторная роль фитопланктона в оценке экологического состояния дельты реки Великой (Псковская область).....	66
Ольшанская Л. Н., Валиев Р. Ш., Арефьева О. А., Голов Д. А. Экологическая оценка изменения электрических свойств растений ряски при воздействии ионов меди и физических полей в процессе фиторемедиации воды	69
Сафонов Р. А. Физико-географические и геометрические закономерности в палиноиндикации городской среды	76
Шеромов А. М., Олькова А. С., Товстик Е. В. Автоматизация фитотестирования по морфометрическим параметрам растений	81
Кононова О. Е., Олькова А. С., Тупицына М. А. Биоиндикация состояния городской среды по асимметрии листьев <i>Betula pendula</i> Roth и <i>Populus tremula</i> L.	83
Лукина Н. В., Чукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И., Замостьянин Н. А. Анатомо-морфологические и биохимические особенности хвои <i>Pinus sylvestris</i> L. на рекультивированном участке золоотвала № 2 Рефтинской ГРЭС	88
Кузнецов М. А. Запасы фитомассы и углерода растений живого напочвенного покрова среднетаежных ельников полигона «Ляльский» (Республика Коми)	92
Юркова А. А., Макарова В. Н. Мониторинг причин возникновения и количества пожаров на территории Приморского края	95
Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я., Вахрамеева А. В. Роль животноводства в образовании парниковых газов	98
Хето М. Х. Основные аспекты программы экологического мониторинга атмосферного воздуха городской среды	102
Хето М. Х., Рутман В. В. Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Кирова	105
Рутман В. В., Хето М. Х. Динамика состояния атмосферного воздуха на территории г. Кирова	108

СЕКЦИЯ 2 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

Шамрикова Е. В., Ванчикова Е. В., Лаптева Е. М., Кондратёнок Б. М., Кострова С. Н. Гармонизация методов исследования как необходимый элемент экомониторинга природных и природно-техногенных систем.....	114
Лодыгин Е. Д. Почвенно-экологические исследования на Европейском Северо-Востоке России с использованием ГИС-технологий (на примере Республики Коми).....	117
Прокашев А. М., Матушкин А. С. К вопросу о природе текстурной дифференциации дерново-подзолистых почв с бинарным гумусовым профилем Вятского Прикамья	122

Скребенков Е. А., Холопов Ю. В., Денева С. В., Рудь А. А., Лантева Е. М. Разнообразие почв на двучленных отложениях (на примере заказника «Ляльский», Республика Коми)	125
Дабах Е. В., Сырчина Н. В., Домнина Е. А. Состояние почв и растительности вокруг систем накопления и обезвреживания жидкой фракции навозных стоков	130
Индоиту Д. Д. Разложение хлорорганических пестицидов в почве с помощью наночастиц магнетита	136
Загребина И. А., Жданов К. В., Коркишко К. А., Ажогина Т. Н. Генотоксичность почв г. Ростова-на-Дону	139
Герцен М. М., Мецзякова В. А., Гусейнова А. А., Каледин Ю. В., Переломов Л. В. Оценка токсического действия органоглины на основе кокоиминодипропионата натрия на кресс-салат	141
Герцен М. М., Гусейнова А. А., Мецзякова В. А., Каледин Ю. В., Переломов Л. В. Оценка токсического действия органоглины на основе лаураминооксида на редис	145
Сакаева Э. Х., Юдина Д. Р., Шабалина М. П. Оценка биологической активности нефтезагрязненных дерново-подзолистых почв	148
Дорохова М. Ф., Шайдурова А. Д., Якушев А. В. Диагностика состояния песчаных пустынных почв на территории нефтегазового месторождения Северный Уртабулак (Узбекистан)	151

СЕКЦИЯ 3

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кувичкина Т. Н., Ячкула А. А., Вайништейн М. Б., Решетилов А. Н. Амперометрическое исследование хемолитотрофных ацидофильных бактерий <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> ВКМ В-3655	156
Домрачева Л. И., Фокина А. И., Киреева А. Р., Козачок С. С., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Эпифитная микробиота листьев интродуцируемых хвойных и лиственных растений	158
Широких И. Г., Широких А. А., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Распространение актиномицетов на территории Береснятского ботанико-геологического комплекса	163
Боков Н. А. Скрининг хитинолитической активности у перспективных штаммов стрептомицетов	167
Бакулина А. В., Бессолицына Е. А., Широких И. Г. Применение метода фингерпринтинга BOX-PCR для выявления геномных различий у стрептомицетов с антифунгальной активностью	171
Мокрушина С. Э., Широких И. Г. Влияние бактеризации на коэффициент размножения картофеля <i>in vitro</i> и урожай клубней <i>ex vitro</i>	176
Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Колеватых Е. П. Бактерии рода <i>Clostridium</i> в навозных стоках свиногокомплексов	180

Макарова Е. М. Бактериопланктон в оценке состояния притоков Онежского озера	184
Расова Е. Е., Белых Е. С., Майстренко Т. А., Вележжанинов И. О., Тавлеева М. М., Рыбак А. В. Бактериальные сообщества почв радиоактивно загрязненной территории	187
Гаевский Е. Е., Зацарынная Е. А. Структура сообществ почвенных водорослей луговых фитоценозов.....	189
Куликов Я. К. Структурно-функциональная организация микрофлоры торфяной почвы в условиях ее окультуривания	191
Куликов Я. К., Гаевский Е. Е. Структурно-функциональная организация микрофлоры дерново-подзолистой песчаной почвы в условиях ее окультуривания.....	194
Кондакова Л. В., Сырчина Н. В. Влияние мелиорантов и удобрений на основе элементарной серы на почвенные диатомовые водоросли.....	198
Стариков П. А. Изучение антагонистического действия <i>Trichoderma</i> spp. в отношении наиболее вредоносных фитопатогенов Кировской области	202
Стариков П. А., Быстрыкова Д. А., Степанов П. Д., Ахмедов Г. Р., Кинчин И. А., Ордина А. Р., Абазов В. Р., Полякова В. А. Влияние инокуляции семян микромицетом <i>Trichoderma</i> и азотфиксаторами на всхожесть и морфометрические показатели проростков	209
Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Тутучкина В. В. Биodeградация нефти при помощи штамма <i>Aspergillus niger</i> F-4815D.....	215
Исламова Н. А., Бухарина И. Л. Изучение влияния меди и хрома на рост эндофитных грибов <i>Fusarium equiseti</i> и <i>Cylindrocarpon magnusianum</i>	217
Галенчик А. Л., Ажогина Т. Н., Сазыкина М. А. Способность бактерий к образованию биопленок на разных поверхностях.....	222
Бычкова А. Н., Хапкина А. В. Мониторинг распространения вирусов гриппа и ОРВИ среди условно здорового населения города Тулы и Тульской области	225

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Канев В. А. Современное состояние фиторазнообразия лесного заказника «Ляльский» (подзона средней тайги Республики Коми)	228
Канев В. А. Материалы к флоре высших сосудистых растений среднего течения реки Б. Паток (национальный парк «Югыд Ва», Приполярный Урал Республики Коми).....	232
Егоров А. И., Ильина В. Н., Бондарь А. А. Экологическая характеристика флоры озер-старичков волжской поймы в границах г. Самары.....	237

Кузнецов М. А. Характеристика подлеска на еловой вырубке в подзоне средней тайги.....	240
Широких А. А., Попыванов Д. В. Краснокнижные виды грибов на территории города Кирова.....	242
Ступакова О. М., Черкай А. С., Щеренко Д. А. Состояние хвойных древесных видов в г. Красноярске	245
Калинина А. В. Адвентивный компонент придорожных фитоценозов Донецко-Макеевской агломерации.....	248
Калинина Ю. С. Особенности цветочного оформления придорожных участков Донецко-Макеевской агломерации	251
Мирненко Н. С. Мониторинг пыльцевых спектров воздушной среды г. Донецка	255
Плюснина Н. О., Адамович Т. А. Содержание макро- и микроэлементов в листьях и плодах земляники лесной.....	258
Хохрякова Л. В., Адамович Т. А. Отходы древесной зелени ели обыкновенной как источник полезных веществ	260
Юферева А. К., Сазанова М. Л. Синтез гидролата из хвои пихты сибирской и анализ суммарного содержания антиоксидантов и полифенолов.....	263
Щеклеина Л. М. Агроэкологические аспекты развития грибных болезней на посевах озимой ржи в Кировской области	268
Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Образцы яровой мягкой пшеницы из генетической коллекции Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова, перспективные в селекции фузариозоустойчивых сортов.....	272
Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Окулова В. В., Романова А. С. Содержание фенольных соединений в зерновке овса посевного и его фракциях.....	276
Попыванов Д. В., Агеева А. Е., Мулина М. И. Влияние культуральной жидкости базидиальных грибов на морфометрические параметры пшеницы при токсическом действии алюминия	279
Кислицына А. П., Софронова А. Ю. Влияние инокуляции и биоорганического комплекса «Милефунг TM Бор+Молибден» на содержание пигментов в листьях люпина узколистного.....	283
Чуракова С. А. Устойчивость фотосинтетического аппарата яровой пшеницы к стрессу.....	287
Колкова А. А., Капарова Э. А., Петренко Д. Б. Оценка воздействия мышьяксодержащих отходов производства серной кислоты на всхожесть и содержание хлорофиллов в листьях пшеницы	292
Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Злобина Ю. А., Окулова В. В., Романова А. С. Влияние кадмия на содержание и фракционирование фенольных соединений в проростках ячменя	296

СЕКЦИЯ 5
ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бедова П. В., Чернова И. В. Оценка экологического состояния малых рек бассейна реки Ветлуга по макрозообентосу	301
Богданов Г. А., Бедова П. В. Мониторинг редких охраняемых видов беспозвоночных животных в некоторых районах Республики Марий Эл	304
Вихарева О. С., Мурадова Л. М. Оценка состояния батрахофауны на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына	308
Куватов А. К., Соатова Ф. Б., Шербутаева М. Т. Краткое описание некоторых редких и находящихся под угрозой исчезновения видов рыб Республики Узбекистан	314
Малышева Д. Д., Мурадова Л. В. Паразитофауна рыб в реке Сехе и реке Понге на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына	317
Масленникова В. В., Масленникова О. В. Регулирование численности волка в Кировской области	324
Митькиных Н. Д., Масленникова О. В. Биоразнообразие ихтиофауны среднего течения реки Вятки	328
Русских А. И., Жданова О. Б., Часовских О. В., Редькин Д. И. К вопросу диагностики <i>Trichinella pseudospiralis</i> у млекопитающих и птиц	332
Намозов С. М., Собиров Ж. Ж., Дехконова Д. Р. Показатели возраста и роста судака Айдар-Арнасайской системы озёр	335
Сенникова М. А., Масленникова О. В. Биоразнообразие микромамманий г. Кирова и селитебных территорий	338
Туйчиев К. С., Гинатуллина Е. Н., Номонов Ж. Н., Атабаева Н. К., Хужамов Ш. А. Показатели кормления и роста толстолобика (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) спирулиной (<i>Spirulina platensis</i>)	341

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕДИ И ХРОМА НА РОСТ
ЭНДОФИТНЫХ ГРИБОВ
FUSARIUM EQUISETI И *CYLINDROCARPON MAGNUSIANUM***

Н. А. Исламова, И. Л. Бухарина
Удмуртский государственный университет,
islamovanadezhda@mail.ru

Корневые эндофиты способны ограничивать воздействие химических веществ, в том числе, тяжелых металлов, на растения и повышать их устойчивость к стрессовым условиям. В проведенных исследованиях было изучено влияние разных концентраций меди и хрома на рост эндофитных микромицетов *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum*.

Ключевые слова: микромицеты, эндофитные грибы, металлрезистентность, устойчивость к загрязнению тяжелыми металлами.

Корневые микромицеты, находящиеся в ассоциации с высшими растениями, имеют широкие пределы устойчивости к внешним неблагоприятным факторам, в том числе, содержанию тяжелых металлов в почве, и способствуют устойчивости растений-хозяев. При этом большое значение имеет происхождение инокулята. Изоляты эндофитных грибов, которые были получены из загрязненных тяжелыми металлами почв, оказались наиболее эффективными в повышении устойчивости растений к загрязнителям [1, 2], что указывает на способность грибов эндомикоризы адаптироваться к условиям высокой нагрузки. В связи с этим изучение устойчивости эндофитных грибов к действию различных загрязнителей является весьма актуальным. Среди представителей эндофитных грибов, широко встречающихся в природе и обладающих способностью колонизировать корни растений, не являющихся хозяевами, большой интерес представляют *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum*. *Fusarium equiseti* долгое время считался патогенным, однако в последнее время привлек к себе внимание способностью выступать в качестве биоконтроллера в борьбе с корневыми патогенами [3, 4]. *Cylindrocarpon magnusianum* также имеет широкий спектр сред обитания, кроме того, его относят к группе «нефтегазоносных грибов», что может быть востребовано и в восстановлении нефтезагрязненных земель [5, 6].

Цель исследования – изучить влияние разных концентраций меди и хрома на рост эндофитных грибов *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum*.

В качестве объектов исследований были использованы эндофитные грибы *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum*. Грибы выделены из корневой системы растений, произрастающих на техногенных территориях города Ижевска (Удмуртская Республика).

Культуры грибов выращивали на питательной агаровой среде (PDA) из декстрозного бульона и агар-агара с добавлением разных концентраций тяжелых металлов. Через каждые трое суток после посева осуществляли измерения диаметра и скорости роста колоний гриба. Опыт проводили в трехкратной повторности. Тяжелые металлы вносились в следующих концентрациях: Cu(II) – 50, 100, 150 мг/л; Cr(VI) – 2,5; 5; 10 мг/л. Особенности реакции грибов на условия стресса оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА). Содержание МДА в мицелии гриба оценивали по степени накопления продукта его реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), определяя оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 532 нм [7]. Математическая обработка результатов проведена с использованием пакета «Statistica 6.0» методами описательной статистики. Достоверность различий вариантов опыта установлена при $p < 0,05$.

Исследование роста культур *Cylindrocarpon magnusianum* и *Fusarium equiseti* на средах с тяжелыми металлами показало высокие пределы устойчивости грибов к загрязнителю (рис. 1–4).

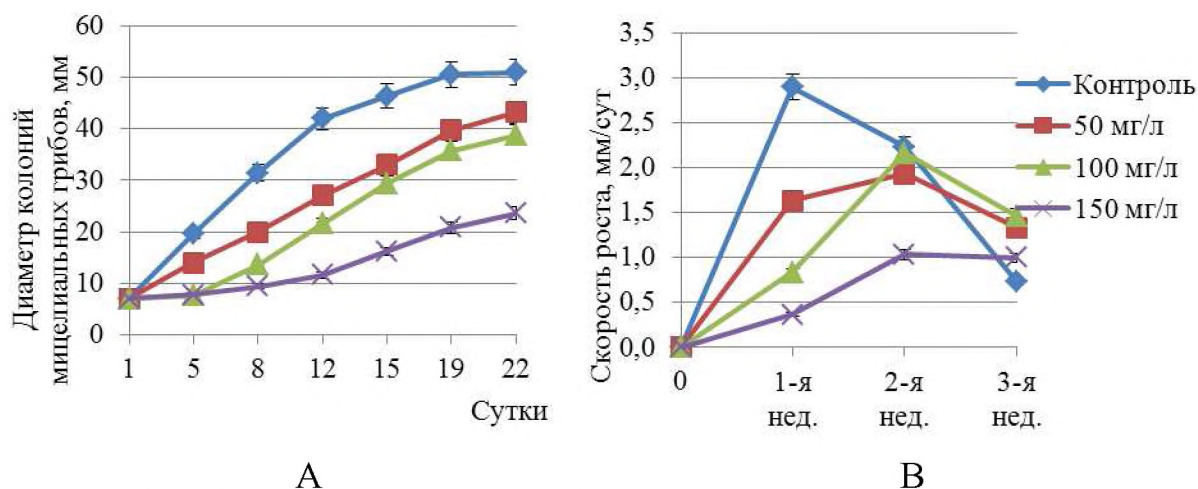


Рис. 1. Динамика размеров (А) и скорость роста (В) колоний *Cylindrocarpon magnusianum* на средах с разной концентрацией меди

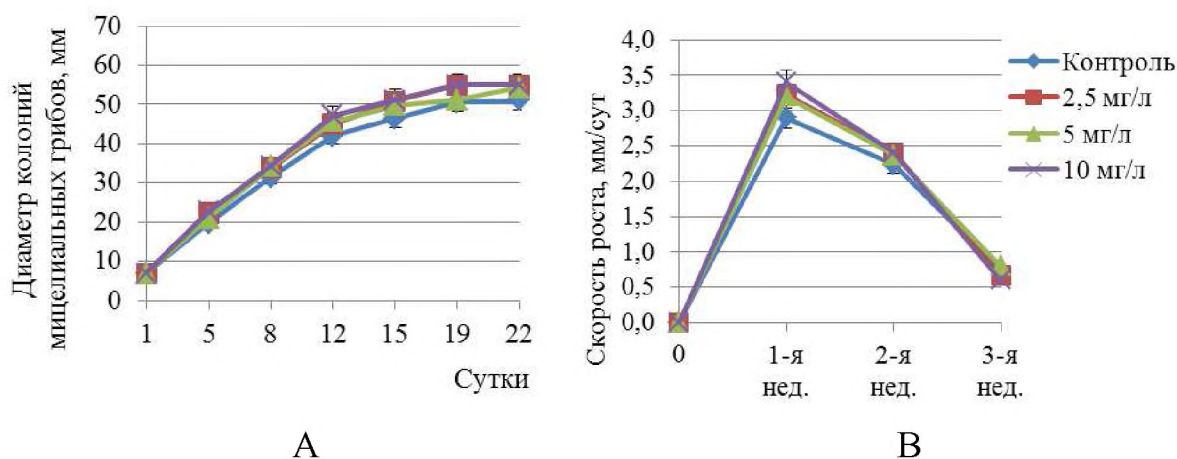


Рис. 2. Динамика размеров (А) и скорость роста (В) колоний *Cylindrocarpon magnusianum* на средах с разной концентрацией хрома

Содержание меди в среде оказало влияние на рост *Cylindrocarpon magnusianum*: размеры колоний гриба при всех концентрациях металла достоверно были меньше, по сравнению с контролем. При этом размеры колоний уменьшались в соответствии с увеличением концентрации металлов. Тем не менее, пороговые концентрации меди для *Cylindrocarpon magnusianum* пока обнаружены не были. Скорость роста гриба, так же, как и размеры его колоний, при всех концентрациях меди достоверно уменьшилась по сравнению с контролем, особенно в первую неделю эксперимента.

Хром оказался менее токсичными для *C. magnusianum*. Содержание в среде хрома во всех исследуемых концентрациях не оказало влияния на рост гриба: размеры его колоний не имели достоверных отличий от контроля. До-

статистической разницы в скорости роста колоний гриба между опытными вариантами и контролем не наблюдалось до окончания эксперимента.

В эксперименте с *F. equiseti* результаты были схожими с экспериментом с *C. magnusianum* (рис. 3–4).

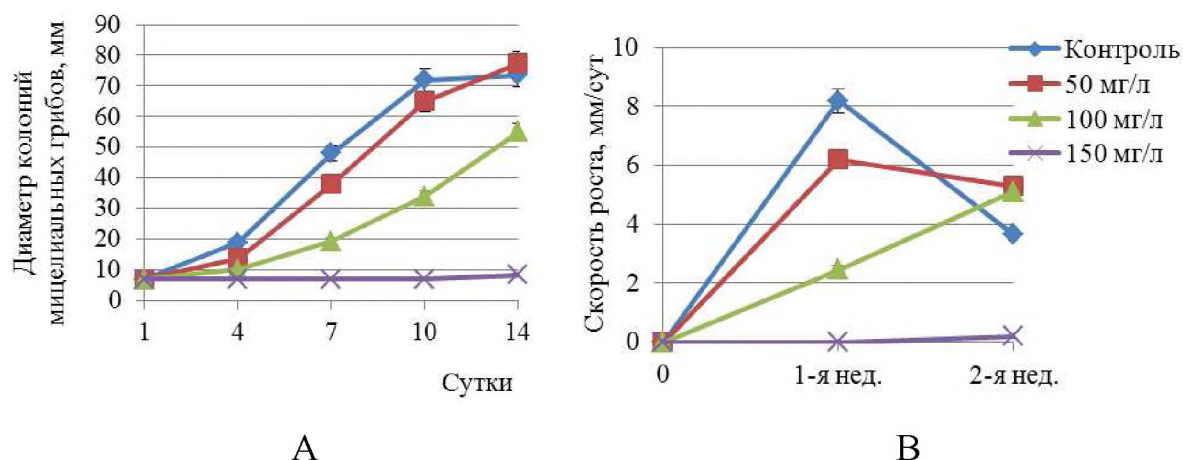


Рис. 3. Динамика размеров (А) и скорость роста (В) колоний *Fusarium equiseti* на средах с разной концентрацией меди

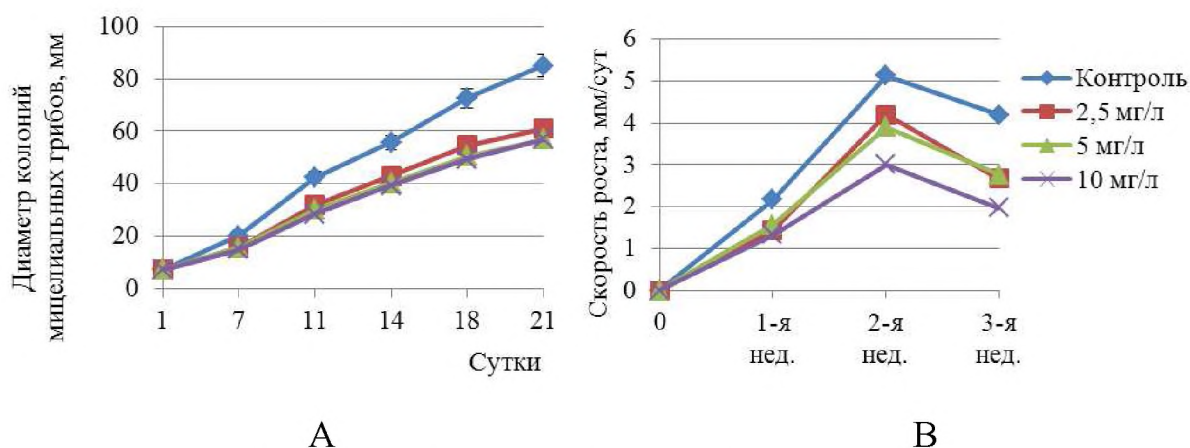


Рис. 4. Динамика размеров (А) и скорость роста (В) колоний *Fusarium equiseti* на средах с разной концентрацией хрома

Наибольшее ингибирование роста культуры *F. equiseti* вызвало содержание в среде меди. С увеличением концентрации этого элемента диаметр колоний гриба уменьшался. Наиболее токсичной оказалась концентрация меди 150 мг/л, однако даже при такой концентрации металла рост гриба не прекратился.

Содержание в среде хрома, как и в эксперименте с *C. magnusianum*, существенного влияния на рост *F. equiseti* не оказало. Тем не менее, диаметр колоний гриба при всех исследуемых концентрациях хрома в среде был достоверно меньше по сравнению с контролем, при этом сами варианты Cr 2,5, 5 и 10 мг/л достоверной разницы между собой не имели. Скорость роста *F. equiseti* при внесении в среду хрома в разных концентрациях была достоверно ниже контрольного варианта, однако разница была незначительной.

Таким образом, культуры микромицетов *F. equiseti* и *C. magnusianum* показали высокую устойчивость к содержанию солей тяжелых металлов (ТМ) в среде, особенно хрома. К содержанию соли меди в среде *C. magnusianum* проявил большую устойчивость по сравнению с *F. equiseti*.

Для оценки влияния стрессового фактора в виде тяжелых металлов на состояние организма определяли содержание малонового альдегида в мицелии *F. equiseti* и *C. magnusianum* при их выращивании на субстратах с медью и хромом. Результаты представлены в таблице. МДА является продуктом окисления липидов и может служить показателем степени повреждения мембранных структур в клетках организма [17, 18].

Таблица

Содержание малонового диальдегида в мицелии *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum*, мкмоль/г сырой массы

Содержание ТМ в субстрате	Содержание МДА в мицелии <i>Cylindrocarpon magnusianum</i>	Содержание МДА в мицелии <i>Fusarium equiseti</i>
Без ТМ (контроль)	2,034±0,047 1,959...2,109	1,290±0,071 ¹ 1,064...1,516
Cr 2,5 мг/л	6,092±0,585↑ 5,161...7,024	1,743±0,071↑ ² 1,519...1,968
Cr 5 мг/л	7,276±1,115↑ 5,502...9,050	1,760±0,070↑ 1,536...1,983
Cr 10 мг/л	3,881±0,054↑ 3,795...3,966	1,142±0,014 1,098...1,185
Cu 50 мг/л	2,031±0,021 1,997...2,064	2,227±0,230 1,495...2,958
Cu 100 мг/л	3,571±0,431↑ 2,885...4,257	6,368±0,775↑ 3,902...8,833
Cu 150 мг/л	4,117±0,291↑ 3,654...4,580	8,076±0,311↑ 7,087...9,066

Примечание: ¹ среднее значение показателя ± стандартное отклонение; ² достоверное отличие от контроля: увеличение ↑ или уменьшение ↓ показателя ($p < 0,05$).

Анализ содержания МДА в мицелии *F. equiseti* и *C. magnusianum* показал зависимость увеличения этого показателя от концентрации химических элементов в среде. Наибольшая реакция на содержание хрома в среде наблюдалась у *C. magnusianum*: содержание МДА во всех вариантах было существенно выше, чем в контроле. Однако при самой высокой концентрации хрома 10 мг/л содержание МДА в мицелии гриба было достоверно ниже, чем в других вариантах с хромом. На *F. equiseti* большее влияние оказало содержание меди в среде: с увеличением концентрации меди содержание МДА в мицелии достоверно увеличивалось по отношению к контролю. В мицелии *C. magnusianum* при внесении в среду меди содержание МДА также было достоверно выше по сравнению с контролем (кроме Cu 50мг/л), однако отличие было не столь значительным, как в эксперименте с *F. equiseti*.

Таким образом, можно заключить, что синтез МДА играет роль в системе адаптивных реакций грибов. В проведенном исследовании анализ со-

держания МДА в мицелии грибов показал, что *C. magnusianum* проявил большую устойчивость к содержанию меди в среде, *F. equiseti* – к содержанию хрома. Стоит также отметить, что при внесении в среду хрома в концентрациях 2.5 и 5 мг/л содержание МДА в мицелии *C. magnusianum* и *F. equiseti* увеличилось, однако при увеличении концентрации металла до максимальной (10 мг/л) значение этого показателя, наоборот, снижалось.

Библиографический список

1. Rydlová J., Vosátka M. Effect of *Glomus* intraradices isolated from Pb-contaminated soil on Pb uptake by *Agrostis capillaris* is changed by its cultivation in a metal-free substrate. DOI: 10.1007/BF02803148 // Folia Geobotanica. 2003. No. 155. P. 155–165.
2. Dark septate endophytes improve the growth and the tolerance of *Medicago sativa* and *Ammopiptanthus mongolicus* under cadmium stress / L. Hou, J. Yu, L. Zhao, X. He. DOI: 10.3389/fmicb.2019.03061 // Frontiers in Microbiology. 2020. Vol. 10. Article No. 3061.
3. Литовка Ю. А. Эколого-биологические особенности и биоконтроль грибов рода *Fusarium*, распространенных в наземных экосистемах средней Сибири : спец. 03.02.08 : дис. ... д-ра биол. наук. Красноярск, 2018. 497 с.
4. Real-time PCR quantification and live-cell imaging of endophytic colonization of barley (*Hordeum vulgare*) roots by *Fusarium equiseti* and *Pochonia chlamydosporia* / J. G. Maciá-Vicente, H.-B. Jansson, N. J. Talbot et al. DOI: 10.1007/BF02803148 // New Phytologist. 2009. Vol. 182. No. 1. P. 213–228.
5. Novel species of *Cylindrocarpon* (*Neonectria*) and *Campylocarpon* gen. nov. associated with black foot disease of grapevines (*Vitis* spp.) / F. Halleen, H. J. Schroers, J. Z. Groenewald, P. W. Crous // Studies in Mycology. 2004. Vol. 50. P. 431–455.
6. Sogonov M. V., Velikanov L. L. Soil microfungi from alpine and subnival ecosystems of the Northwestern Caucasus // Mikologiya i Fitopatologiya. 2004. Vol. 38. Iss. 3. P. 50–58.
7. Жильцова Ю. В., Зависимость антиоксидантно-прооксидантного равновесия в макрофитах от уровня антропогенной нагрузки // Труды БГУ. 2011. Т. 6. Ч. 2. С. 47–54.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы

XXII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
18–19 ноября 2024 г.

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: Ю. Д. Иванова

Вятский государственный университет,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Подписано к печати 25.12.2024. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. печ. л. 20,01. Тираж 30 экз. Заказ № 96.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС».

610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Северная, 49А. Тел. +7 912 828 45-11

E-mail: raduga-press@list.ru