

Отзыв
официального оппонента на диссертацию
Дмитрия Владимировича Попыванова
«БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ БАЗИДИОМИЦЕТАМИ В
УСЛОВИЯХ УРБООЖОСИСТЕМЫ»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 - «Экология (биология)»

Актуальность темы

В диссертации Д.В. Попыванова представлены и обобщены экспериментальные данные по таксономической и эколого-трофической структуре базидиомицетов в некоторых парках и скверах г. Кирова, а также данные по биоаккумуляции меди, цинка и свинца в них. Работа основана на результатах комплексного биомониторинга с использованием биоиндикационных и химических методов исследования.

Изучение биоиндикационных возможностей базидиомицетов в системе мониторинга экологического состояния урбанизированных территорий несомненно имеет большое значение. Решение этой задачи способно значительно улучшить комплексный экологический мониторинг городских экосистем и поможет наилучшим образом планировать необходимость природоохранных мероприятий. При этом выявление способности отдельных видов мицелиарных грибов выступать в роли эффективных поглотителей наиболее опасных загрязнителей промышленных и бытовых сточных вод - тяжелых металлов – может служить основой создания сорбентов нового типа – созданных из природных объектов окружающей среды, а не из синтетических искусственных материалов. Актуальность темы исследования не вызывает сомнений.

Научная новизна

Впервые автором составлены видовые списки и охарактеризована эколого - трофическая структура базидиомицеты парков и скверов г. Кирова и прилегающего к городу природного лесного массива. Установлено, что наибольшей частотой встречаемости в городских парках и скверах характеризуются базидиомицеты ксилотрофных видов, в то время как в лесном массиве подзоны южной тайги виды из разных эколого-трофических групп представлены практически в равном соотношении. Впервые получены сведения о биосорбции трех тяжелых металлов (свинца, меди, цинка) в базидиомах грибов, собранных в шести различных экотопах на территории г. Кирова. Показано, что представители группы микоризообразователей наиболее активно накапливают в плодовых телах цинк и свинец, тогда как подстилочные сапротрофы – медь. Впервые количественно описано влияние трех тяжелых металлов на рост мицелия гриба *Trametes versicolor* в погруженной культуре. Выявлены морфологические особенности мицелиального роста гриба в присутствии металлов, заключающиеся в формировании пеллет различного размера и формы. Показана разница в степени извлечения тяжелых металлов из растворов грибным мицелием.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретические и практические рекомендации хорошо структурированы, представляют интерес для организации

регионального биомониторинга. Несомненно, они будут полезны для экологов-практиков и специалистов, ответственных за обеспечение экологической безопасности производственных объектов и организацию мониторинговых наблюдений.

Личный вклад автора не вызывает сомнений.

Общая характеристика работы

Объём и структура диссертации. Объём диссертации 115 страниц. Она состоит из литературного обзора по теме исследования, детализации объекта и методов, результатов исследования из трех подразделов, заключения, списка литературы и приложения. В списке литературы 231 источник, из них 109 на иностранных языках. В тексте работы (включая приложения) 14 таблиц и 17 рисунков.

Литературный обзор. Изложен на 38 страницах. Рассмотрена общие вопросы накопления тяжелых металлов в окружающей среде с фокусом на антропогенный вклад в загрязнение и биологическую доступность тяжелых металлов для живых организмов в почве. Представлена детальная характеристика базидиальных грибов как группы организмов, способных к активной биоабсорбции тяжелых металлов. Проанализированы особенности произрастания базидиомицетов в городских парках и скверах. Анализ литературы позволил сделать заключение о целесообразности исследования накопления тяжелых металлов в базидиомицетах для выявления состояния окружающей среды в городе Кирове.

Глава 2 (страницы 46-59). Представлена информация о природно-климатических особенностях города Кирова, охарактеризован ландшафт, приведены данные по наличию промышленных объектов и других источников загрязнения. Представлены экспериментальные данные по загрязнению почв тяжелыми металлами (медью, цинком, свинцом), а также по содержанию и накоплению тяжелых металлов в древесине наиболее распространенных пород парков и скверов г.Кирова. Указанные сведения в совокупности обосновывают выбор шести локаций для отбора плодовых тел базидиомицетов в границах города Кирова.

Замечания. Вызывает вопросы подход к отбору проб почв (размер пробных площадок, их количество) ввиду того, что почвенный покров антропогенно-нарушенных территорий обычно отличается значительным разнообразием. Также хотелось бы увидеть расширенные характеристики мест отбора почв (гранулометрический состав, содержание органического вещества, более полное описание мест отбора).

В таблицах 2 и 3 явное противоречие в части отнесения точек отбора к рекреационным и транспортным зонам (точки отбора 12-16 в одной из них отнесены к рекреационной зоне, в другой – к транспортной). Кроме того, отсутствуют критерии отнесения локаций к рекреационной, промышленной, либо транспортной зоне, хотя в научной литературе имеется множество подходов и общепринятых систем.

Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение (страницы 60 - 83).

Глава 3.1. Представлены уникальные экспериментальные данные о таксономическом составе и эколого-трофическая структуре сообществ базидиомицетов, а также проведены данные о степени сходства исследованными локациями по степени

сходства базидиомикоты. К замечаниям можно отнести факт недостатка наглядности в приведенных таблицах 6,7 и рисунках 8-12. В тексте главы 3.1. неоднократно упоминается, что выявленные различия вероятно обусловлены отличиями в условиях формирования биоценозов. Включение в таблицы данных о наиболее распространенных древесных видах, соотношении хвойных и лиственных пород, а также возрасте деревьев, для исследованных локаций несомненно создало бы более полную картину наблюдаемых изменений базидиомикоты под действием антропогенной деятельности.

Глава 3.2. Рассмотрены результаты оценки валового содержания Cu, Zn и Pb в плодовых телах грибов и базидиомицетах, собранных на территории парков и скверов города Кирова. Представлены ценные экспериментальные данные о видах базидиомицетов, способных к максимальному бионакоплению ТМ из почв. Показана значимость эколого-трофической специализации базидиомицетов как фактора, способного влиять на состав элементов-загрязнителей в плодовых телах базидиомицетов. Проведено ранжирование базидиомицетов по способности накапливать цинк и свинец, впервые выявлен факт увеличения биоаккумуляции в ряду ксилотрофы – подстилочные сапротрофы – микоризообразователи.

К замечаниям можно отнести тот факт, что в главе (к примеру, в таблице 8), в большинстве случаев приведены только средние значения валового содержания исследованных тяжелых металлов различных эколого-трофических групп в зависимости от места отбора проб, что не позволяет сделать однозначный вывод о влиянии предположительно разной антропогенной нагрузки на биоаккумуляцию тяжелых металлов в базидиомицетах. Однако следует отметить, что автор корректно трактует полученные данные и с явной осторожностью делает выводы.

Несомненным достоинством работы является выделение группы «накопителей» тяжёлых металлов, что имеет значение для выбора биоиндикаторов.

Глава 3.3. Охарактеризовано аккумулятивное поведение ТМ в плодовых телах *Trametes versicolor* (L) в лабораторных опытах на пеллетах. Наиболее значимы результаты исследований эффективности биосорбции свинца, цинка и меди из растворов (42%, 14% и 10% соответственно) плодовыми телами. Полученные данные имеют перспективу применения в целях очистки сточных вод от повышенных концентраций тяжелых металлов.

Заключение. Д.В. Попывановым сделано обобщение полученных результатов, представлена обобщающая статистика по общему количеству обработанных проб за 3 года наблюдения. Корректно и грамотно проанализированы полученные факты с привязкой к локациям и экотопам. Представлены разноплановые характеристики базидиомицетов аккумулятировать тяжелые металлы как в реальных условиях, так и из растворов в модельных экспериментах. Сделаны предположения о механизмах связывания тяжелых металлов в базидиомицетах.

Выводы.

В выводах отмечены основные закономерности, выявленные автором. Выводы корректны и обоснованы, обобщают результаты проведенных исследований.

Общее впечатление о работе.

Изучению сообществ базидиомицетов на территории городских территорий в мировой литературе уделено значительно меньшее внимание, чем изучению почвенного или растительного покрова, особенно для региональных территорий. Тем более ценно диссертационное исследование Д.В. Попыванова, посвященное изучению таксономического и эколого-трофического разнообразия базидиомицетов для города Кирова, а также особенности накопления тяжелых металлов в базидиомах грибов в особенности от их таксономического положения и эколого-трофической принадлежности. План диссертационного исследования хорошо продуман и отличается основательностью. С практической точки зрения интерес представляет блок работ по биоаккумуляции тяжелых металлов мицелием гриба *Trametes versicolor* (L.), имеющий перспективу промышленного применения как экологически безопасный сорбент тяжелых металлов из сточных вод. Работа базируется на существенном фактическом материале. Автором получен обработан массив данных, включающих натурные и камеральные исследования, анализ статистического материала. Диссертация аккуратно оформлена.

Автореферат, публикации и апробация

Основные результаты диссертации отражены в автореферате и публикациях. Текст автореферата соответствует тексту диссертации, материалы изложены логично, доступно.

По теме диссертации опубликовано 2 работы в журналах, включённых в Перечень ВАК РФ. Результаты исследований доложены автором на региональных, всероссийских и международных конференциях, в том числе на очень авторитетном для специалистов-микологов Съезда микологов России.

Замечания к работе не носят принципиального характера, а скорее относятся к форме представления результатов и содержат пожелания на будущие исследования

1. Целесообразно обоснование отнесение исследованных локаций к рекреационным, промышленным и транспортным зонам.

2. В главе 3.2 экспериментальные результаты валового содержания тяжелых металлов в таблицах и рисунках представлено в виде среднего значения, что затрудняет проведение однозначной интерпретации достоверности различий наблюдаемых признаков.

3. Блок работ по изучения способности мицелия гриба *Trametes versicolor* (L.) к биоаккумуляции тяжелых металлов целесообразно было бы расширить растворами более комплексного состава, в частности дополнительно внести органические вещества, т.к сточные воды характеризуются более сложным набором загрязняющих веществ, чем трехкомпонентная модельная среда из тяжелых металлов.

Сделанные замечания не затрагивают сути работы и не меняют высокой оценки диссертации Д.В. Попыванова. Содержание автореферата и опубликованных работ соответствует основным идеям и выводам диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Дмитрия Владимировича Попыванова «Биоаккумуляция тяжелых металлов базидиомицетами в условиях урбозкосистемы», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук, является завершённой научно-исследовательской работой, основанной на оригинальном фактическом материале. Она

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования

«Сколковский институт науки и технологий»

143025, Московская область, Одинцовский район, Сколково, ул. Новая, д. 100

ОГРН 1115000005922 ИНН/КПП 5032998454/503201001

Тел.: +7 (495) 280-14-81

вносит существенный вклад в разработку подходов к биоиндикации состояния городских экосистем, анализу аккумулятивных возможностей мицелиарных грибов (на примере *T. Versicolor*), по отношению к тяжёлым металлам. Анализ диссертации и списка основных публикаций по теме свидетельствует о том, что Дмитрий Владимирович Попыванов является сложившимся учёным в области экологических прикладных исследований, микологии и биологического мониторинга.

По актуальности, новизне, теоретической и прикладной значимости, достоверности полученных результатов диссертация соответствует всем критериям, установленным в пунктах 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Дмитрий Владимирович Попыванов заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 - «Экология (биология)».

Отзыв составлен:

кандидат биологических наук (03.02.08

– экология (биологические науки)),

старший преподаватель Центра по научным

и инженерным вычислительным технологиям

для задач с большими массивами данных

Сколковского института науки и технологий _____ Пукальчик Мария Алексеевна

Наименование организации: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Юридический адрес организации: 143025, Московская область, Одинцовский район,

Сколково, ул. Новая, д.100. Телефон организации: +7 (495) 280-14-81. Email организации

inbox@skoltech.ru. Официальный сайт организации: <https://www.skoltech.ru>

Почтовый адрес организации: 121205, г. Москва, ул. Нобеля, д.3. Сколковский институт наук и технологий.

Телефон официального оппонента: +7 (915) 165 43 19. E-mail официального оппонента:

m.pukalchik@skoltech.ru

13 февраля 2019 г.

Подпись Пукальчик Марии Алексеевны удостоверяю



Руководитель отдела
кадрового администрирования
Бурденко Н.Г.