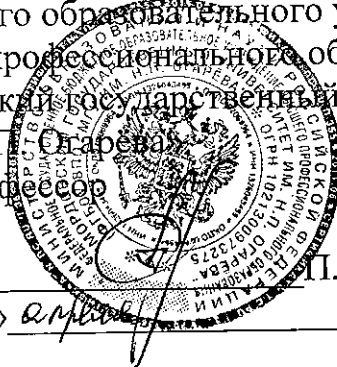


«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Мордовский государственный университет  
имени Н. П. Огарева»  
д.т.н., профессор



П.В. Сенин

« 17 » 2015 г.

### ОТЗЫВ

ведущего учреждения на диссертационную работу  
Аюшиновой Любви Сергеевны «Ответные реакции растений на действие  
специфических поллютантов (на примере метилфосфоновой кислоты,  
пирофосфата натрия и фторида натрия)», представленную на соискание  
ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 –  
экология (биологические науки)

Актуальность работы Любви Сергеевны Аюшиновой не вызывает сомнений. В настоящее время всё острее встает проблема химического загрязнения окружающей среды, и многие специфические поллютанты представляют значительную опасность для живых систем. Растения, ведущие прикрепленный образ жизни, в значительной мере подвержены действию химических поллютантов; в этих условиях в растительных организмах происходят биохимические изменения, отражающие физиологический статус растений. Локальный характер загрязнения среды специфическими поллютантами выдвигает особые требования к поиску надежных индикаторов загрязнения, в первую очередь среди растений, и их биохимических индексов. К числу потенциально опасных источников специфических поллютантов принадлежат объекты по уничтожению химического оружия и химические предприятия. Расположенные на территории Кировской области химические объекты могут быть источниками поступления в окружающую среду метилфосфоновой кислоты (МФК), пирофосфата натрия (ПФН), фторида натрия (ФН), принадлежащих к 2–4 классам опасности и обладающих различной устойчивостью в окружающей среде. В связи с этим действие токсичных веществ и их смесей на растения подлежат всестороннему изучению, а рецензируемая работа имеет теоретическое значение и представляет практический интерес.

Степень научной новизны работы значительна. В диссертации Л.С. Аюшиновой впервые специально изучен комплекс ответных реакций модельных растений – ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) – на действие специфических

химических поллютантов. Автором выявлено, что независимо от длительности воздействия и способа обработки растений токсиканты индуцировали развитие в растениях окислительного стресса, что проявлялось в изменении биохимических показателей — интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ), активности пероксидаз, содержания пигментов, а также экзоосмоса электролитов. Впервые установлены особенности биохимического отклика растений, возникающего в ответ на действие МФК, ФП, ПФН и их смесей, в зависимости от способа обработки и времени контакта с токсикантами. В ходе исследований диссертантом определены наиболее чувствительные к действию изученных веществ показатели жизнедеятельности растений. Автором обнаружено, что совместное действие изученных поллютантов приводит к более выраженному токсическому эффекту у растений.

Практическая значимость работы очевидна, поскольку многие ее материалы уже нашли свое применение, они используются в учебном процессе в Вятском государственном гуманитарном университете. Ряд показателей, отражающих состояние растений (в частности, содержание пластидных пигментов и антоцианов) включен в программу комплексного экологического мониторинга территории в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия в Кировской области. Материалы диссертации могут быть использованы для оценки токсических эффектов ксенобиотиков на растения, при разработке проектов улучшения окружающей среды, при разработке мероприятий по предотвращению негативного влияния химических загрязнений.

Диссертация изложена на 134 страницах машинописного текста и состоит из введения, шести глав, выводов и списка литературы, содержащего 186 наименований, в том числе 39 — на иностранных языках. Работа хорошо иллюстрирована, она содержит необходимые рисунки и таблицы.

Первые две главы диссертации Л.С. Аюшиновой ожидаемы и традиционны. В одной из них содержится обзор литературы по теме исследования. В нем критически анализируются работы, посвященные различным аспектам исследования химических и токсикологических свойств специфических поллютантов. Приведены сведения о физико-химических свойствах фосфорорганических веществ, которые являются основными компонентами химического оружия, и некоторых пестицидов. Акцентируется внимание на особенностях трансформации фосфор- и фторсодержащих веществ в окружающей среде и их действии на организмы растений и животных. Рассмотрены ответные биохимические реакции растений на действие стрессоров. Достоинством этой части диссертации является то, что автор не просто пересказывает имеющийся материал, но при этом его критически анализирует.

Во второй главе приводится описание материалов и методов, положенных в основу диссертации. Приведено детальное описание постановки экспериментов, позволяющих сделать оценку влияния фосфор- и фторсодержащих соединений на модельные растения (ячмень и одуванчик).

Всего автором проведен 21 опыт (в основном с растениями ячменя сорта «Новичок»), в которых определяли физиологические и биохимические индексы, указывающие на состояние растений и их клеток: всхожесть семян, рост проростков, накопление биомассы, интенсивность перекисного окисления липидов, содержание пластидных пигментов и антоцианов, активность пероксидаз, экзоосмос электролитов из корней растений. Кроме этого был поставлен вегетационный опыт, в котором моделировали воздействие загрязнения воздушной среды специфическими поллютантами на ячмень и одуванчик лекарственный.

Результаты диссертации и их обсуждение помещены в главы 3–6. В главе 3 приведены результаты опытов по изучению эффектов МФК, ПФН, ФН и их смесей на жизнеспособность и всхожесть семян, рост и накопление биомассы растениями ячменя. Автором показано, что такие параметры, как жизнеспособность семян и активность пероксидаз, были менее чувствительны к действию ксенобиотиков, чем показатели роста. Диссертант связывает это с меньшим временем контакта с токсикантами, а также особенностями биохимических процессов в семенах в период прорастания. Среди изученных индексов наиболее информативными для определения фитотоксических эффектов специфических поллютантов являются показатели всхожести семян и линейного роста проростков, которые могут быть использованы для целей биоиндикации в условиях загрязнения. Выявлена четкая зависимость между концентрацией токсиканта и показателями роста проростков ячменя. Определены пороговые дозы фосфор- и фторсодержащих соединений для изученных индексов. При совместном присутствии в среде МФК+ФН обнаружено усиление фитотоксических эффектов. При этом выявлено, что корневая система ячменя более чувствительна к действию токсикантов, чем надземная часть.

В главе 4 анализируется реакция растений ячменя при коротких экспозициях (1 ч) на растворах поллютантов. Показано, что кратковременное действие как отдельных токсикантов, так и их смесей вызывало в последующем многочисленные ответные биохимические изменения в растительных тканях, которые зависели от природы токсиканта. Кратковременное действие фосфор- и фторсодержащих соединений приводило к развитию окислительного стресса в растительных тканях, что проявлялось в возрастании интенсивности ПОЛ, активации пероксидаз, накоплении антоцианов и каротиноидов.

В главе 5 исследованы ответные реакции растений ячменя на длительное (14 суток) действие фосфор- и фторсодержащих соединений. Хроническое действие токсикантов привело к сходным с кратковременным их действием эффектам в растениях ячменя, указывающим на возникновение окислительного стресса. Автором обнаружена более высокая чувствительность корневой системы ячменя к действию токсикантов, что, по-видимому, обусловлено их непосредственным взаимодействием. Изменения биохимических индексов, выявленные в листьях, позволяют предположить системное действие МФК, ПФН и ФН на растения. Специфические

поллютанты, действующие на корневую систему, вызывали изменения в пигментном комплексе листьев растений. Активация окислительных процессов в растительных тканях, подвергнутых хроническому действию фосфорсодержащих соединений, сохранялась в течение всего опыта.

В 6 главе приведены результаты экспериментов по действию обработки надземной части растений ячменя и одуванчика ксенобиотиками, которая моделировала влияние поллютантов, выпадающих с осадками. Показано, что даже однократная обработка надземной части растений токсикантами приводила к существенным изменениям биохимических индексов, при этом более значительные изменения выявлены в листьях, по сравнению с корнями. Наиболее доказательными индикаторами загрязнения среды поллютантами оказались интенсивность ПОЛ, уровень антоцианов и каротиноидов в растительных тканях.

Материалы диссертации Л.С. Аюшиновой могут быть использованы для оценки воздействия антропогенных факторов на экосистемы, для индикации загрязнения среды специфическими (возможно, и неспецифическими) поллютантами, для разработки стратегии улучшения состояния экологической обстановки в регионах с высокой концентрацией химических производств.

В качестве критических замечаний по существу работы можно отметить следующее.

1. Считаю, что не вполне удачна формулировка поставленных автором цели и задач: в цели – изучить влияние поллютантов на жизнедеятельность растений (непонятно, что автор понимает под этим термином); в задачах – изучение биохимических показателей (в действительности рост, биомасса, выход электролитов не принадлежат к биохимическим индексам).

2. Обширный обзор литературы по теме диссертации мало используется при обсуждении результатов исследования.

3. Раздел 2.5. «Статистическая обработка результатов» следовало написать более четко. В частности, не указано количество биологических повторностей в опытах; непонятно, как оценивали достоверность различий при уровне значимости  $P \leq 0,05$  (вероятно,  $P \geq 0,05?$ ); непонятно, как использовали данные корреляционного анализа».

4. Подавляющее большинство результатов представлено в % к контролю. Полагаю, что в диссертации следовало приводить больше данных в абсолютных значениях. В то же время при анализе количественных данных в таблицах (в частности, главы 5) возникает вопрос – почему в контроле одни и те же данные различаются в 1,5 – 2 раза (см. сводную таблицу в автореферате)?

5. В работе представлены многочисленные значения физиологических и биохимических показателей, но практически отсутствуют попытки анализа биохимических механизмов, лежащих в основе выявленных изменений. С другой стороны, присутствуют обратные явления – включение в текст (и даже в выводы к главе 4) не измерявшихся данных («...приводило к накоплению АФК в растительных тканях...», с. 92).

6. На страницах автореферата и диссертации замечены неудачные выражения, не выправленные опечатки, стилистические и смысловые неточности.

Несмотря на сделанные замечания, мы считаем, что диссертация Л.С. Аюшиновой представляет собой вполне законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, соответствующем требованиям ВАК РФ. Результаты диссертационной работы имеют теоретическое и практическое значение. Они докладывались на конференциях различного уровня, поэтому работа прошла необходимую апробацию. Выводы, сделанные на основании полученных результатов, обоснованы и отражают научную новизну работы.

Автореферат и опубликованные 27 научных статей, в том числе 3 из них в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, полностью отражают основное содержание диссертации.

Диссертационная работа Л.С. Аюшиновой соответствует требованиям п. 9 постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

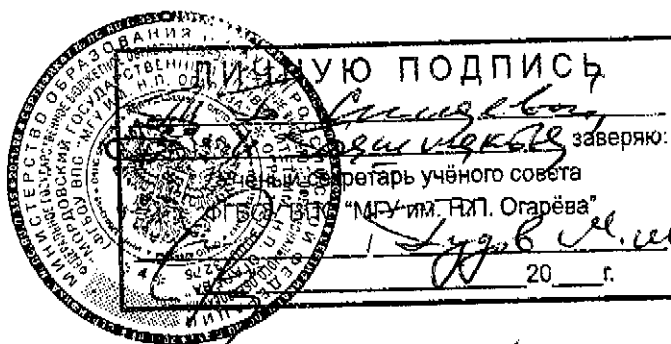
Диссертация обсуждена на заседании кафедры ботаники, физиологии и экологии растений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (протокол №4 от 17 апреля 2015 г.). Положительное решение о соответствии диссертации требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК РФ, и профилю специальности 03.02.08 – экология (биология) ... принято единогласно.

Профессор кафедры ботаники, физиологии и экологии растений  
доктор биологических наук  
профессор

Татьяна Борисовна Силаева

Доцент кафедры ботаники, физиологии и экологии растений  
кандидат биологических наук  
доцент

Дмитрий Игоревич Башмаков



Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

(ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»)

Адрес: 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, дом 68

телефон: (8342)47-29-13

электронная почта: [dep-general@adm.mrsu.ru](mailto:dep-general@adm.mrsu.ru)

ФИО: Силаева Татьяна Борисовна

Ученая степень: доктор биологических наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор кафедры ботаники, физиологии и экологии растений

ФИО: Башмаков Дмитрий Идрисович

Ученая степень: кандидат биологических наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент кафедры ботаники, физиологии и экологии растений