

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора биологических наук Макаровой Людмилы Евгеньевны
на диссертационную работу Боталовой Ксении Ивановны «ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ И ЩЕЛОЧНОСТИ КОРНЕВОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ И РАЗВИТИЕ *TRITICUM AESTIVUM* L., *SECALE CEREALE* L., *PISUM SATIVUM* L.», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 – физиология и биохимия растений.

Актуальность проблемы.

Несмотря на огромное число работ, появившихся за многие десятилетия, посвященных изучению устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов внешней среды, исследования в этом направлении остаются актуальными. Неоднократно показано, что механизмы адаптации к действию факторов, вызывающих стресс у растений, определяются особенностями метаболизма, отличающего растения разных таксономических групп, зависят от типа стрессора. При этом общим для всех видов растений является реакция на действие стрессора, проявление которой выражается активизацией окислительных процессов. В противодействие этим процессам в растительных клетках возникают изменения в метаболизме, направленные на синтез высокомолекулярных и низкомолекулярных компонентов, способствующих снижению повреждающего действия стрессоров.

К числу важных почвенных факторов, определяющих жизнеспособность растений, относят показатели реакции почвенной среды, которые формируются как природными, так и антропогенными факторами. Механизмы адаптации растений в условиях неблагоприятной реакции почв в настоящее время остаются слабо изученными. Исследования особенностей метаболизма у видов растительных культур, неоднозначно реагирующих на условия повышенной и пониженной кислотности корневой среды, имеют большую значимость для теории устойчивости растений, и результаты этих исследований могут иметь практическую ценность при подборе растительных культур, способных произрастать на кислых и щелочных почвах, что важно как для сельского хозяйства, так и для ландшафтных целей.

Характеристика диссертации.

Диссертационная работа Боталовой Ксении Ивановны оформлена в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации. Диссертация изложена на 171 странице, построена традиционно: состоит из Введения, обзора литературы, методического раздела, главы с результатами и их обсуждением, заключения, выводов, списка литературы и Приложения. Главы диссертации включает 28 рисунков, 12 таблиц, в Приложении приведено 33 таблицы.

Работа посвящена выявлению и сравнению ответных реакций на кислотность и щелочность корневой среды у растений разных видов, 2 из которых представители семейства злаков (пшеница и рожь) и 1 - представитель семейства бобовых культур – горох посевной. Исследования такого плана немногочисленны. Поэтому результаты, полученные диссертантом, обладают новизной и послужат ценным дополнением для теории устойчивости растений, и конкретно, для условий роста на почвах с повышенной и пониженной кислотностью, в которых выживаемость растений разных видов существенно отличается.

Использованная в работе схема проведения экспериментов позволила получить конкретные ответы на вопросы и задачи, поставленные диссертанту. Необходимость их решения обосновывается во Введении и в обзоре литературы (глава 1).

В обзоре литературы, занимающем 41 страницу, кратко и лаконично приводятся имеющиеся в литературе сведения, служащие основанием для выбранного диссертантом направления исследований. Приводятся данные, свидетельствующие об активизации окислительных процессов в условиях действия различного вида стрессоров, роли в их ограничении ферментов и низкомолекулярных компонентов клеток. Обсуждается роль низкомолекулярных компонентов клеток (пролина, фенольных соединений, органических кислот) в регуляции адаптационных процессов в клетках растений в условиях стрессов, в частности, уровня АФК, осморегуляции, pH - регуляции. Приводятся имеющиеся в научной литературе сведения, касающиеся изучения адаптации растений к кислой и щелочной корневой среде. В Заклучении Обзора автор отмечает недостаточную изученность проблемы защитных механизмов растений при неблагоприятных для растений показателях кислотности корневой среды. Отмечает некоторые малоизученные вопросы и очень кратко касается сути задач, поставленных при выполнении представляемой диссертационной работы.

Имеется **небольшое замечание** по Обзору. Так на стр. 13, где автор характеризует активность супероксиддисмутазы, автор ошибочно привела фразу, что «...одна молекула фермента разлагает около миллиона молекул H_2O_2 за одну секунду...».

Методическую часть работы автор представила на 7 страницах. Здесь кратко приводятся схема выращивания растений и получения морфометрических показателей, определения биохимических показателей: содержания пероксида водорода, каталазной и пероксидазной активностей, содержания аскорбиновой кислоты, пролина, флавоноидов и органических кислот, способов математической обработки результатов.

К недостаткам этого раздела следует отнести:

1. слабую подробность описания получения морфометрических показателей. В связи с этим возникают затруднения при анализе данных в таблицах 1-3. Не понятно, суммировалась ли длина надземной части растения с данными в дострессовый период, или от начала действия стрессора;

2. при описании схем определения активности каталазы, содержания низкомолекулярных компонентов не указаны способы расчетов и единицы измерения. Об использованных показателях можно узнать только при анализе полученных данных, приведенных в главе 3.

Глава 3, где представлены результаты исследований, занимает 58 страниц. Результаты представлены в 12 таблицах и на 23 рисунках. В 3-х из указанного числа таблиц приводятся коэффициенты корреляции для полученных диссертантом показателей, что дает возможность сопоставить изменения исследуемых параметров у трех растительных объектов. Также положительным для данной главы являются завершающие подразделы Заклучения, где проведены обсуждения представленных в них данных.

В качестве замечания по главе 3: данные, приведенные в 33 таблицах «Приложения» имеют отношение к результатам, приведенным в главе 3, однако в главе 3 не приводятся ссылки на соответствующие таблицы Приложения.

В общем Заключение, размещенном после главы 3, проведено обобщение всех полученных результатов, которое для наглядности представлено еще и в виде схемы на рисунке. При этом, **небольшим замечанием** по этой схеме может быть отсутствие подрисовочных пояснений по расцветке фона для приведенных показателей.

При обсуждении полученных при выполнении диссертационной работы данных автор привлекает данные из научной литературы, для пояснения возникавших явлений и роли исследованных компонентов в период влияния на метаболизм в надземной части исследованных растений кислотной и щелочной среды в области корней.

Отдельным разделом представлены Выводы. Выводы диссертации отражают ее содержание, приведенное в главе 3 и в опубликованных автором 3-х статьях, приведенных в списке основных статей по теме диссертации в автореферате.

Список литературы достаточно широк: содержит 225 литературных источников, включая публикации с участием диссертанта, 124 источника на иностранных языках. **Имеется замечание** по списку литературы: у ряда литературных источников (83, 137, 151, 153, 182, 189, 196, 201) не полностью приведены библиографические данные.

Высказанные замечания не умаляют значение полученных автором диссертации результатов.

Степень обоснования научных положений.

Полученные диссертантом результаты подтверждают оба положения, вынесенные диссертантом на защиту. Так, результаты, приведенные в разделах 3.3 - 3.5 в главе 3, по характеру изменения активности пероксидаз, каталазы и уровней пероксидазы и аскорбиновой кислоты показывают на активизацию про/антиоксидантной системы листьев изучаемых растений на начальных этапах развития стрессов, вызванных высокой и низкой кислотностью корневой среды.

Результаты, представленные в разделах 3.6-3.8 достоверно показывают, что участие низкомолекулярных соединений (пролин, флавоноиды, органические кислоты) в защитных реакциях исследованных растений при кислотном и щелочном стрессах является видоспецифичным и зависит от pH корневой среды.

О различных способностях исследуемых видов растений адаптироваться к создаваемым в экспериментах условиям pH корневой среды свидетельствуют морфометрические показатели: данные измерений длины, сырой массы листьев и содержания в них воды, которые приведены в разделах 3.1-3.2.

Все данные получены с применением современных методов, принятых исследователями, работающими в области физиологии и биохимии растений. Результаты статистической обработки показывают, что достоверность выводов, сделанных на основе полученных диссертантом данных, не вызывает сомнений.

Степень обоснованности выводов и научных положений не вызывает сомнений. В работе нет взаимно противоречивых выводов.

Новизна работы заключается в том, что впервые на примере трех видов культурных растений показана видоспецифичность системных реакций листьев в первые часы развития стресса, вызванного условиями кислой и щелочной корневой среды. Показано, что стресс-реакция всех исследуемых культур на действие обоих видов стрессоров проявилась в изменении содержания пероксида водорода, восстановленной аскорбиновой кислоты, повышения уровней активности антиоксидантных ферментов (каталазы, пероксидаз). Ус-

тановлено, что между представителями злаков и бобовой культурой существенные различия в характере изменения содержания исследуемых низкомолекулярных соединений (пролин, флавоноиды, органические кислоты), возникающих в условиях щелочной и кислотной корневой среды.

Работа К.И. Боталовой апробирована на международных и всероссийских конференциях разного уровня. Диссертант опубликовала 3 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ и 1 из них – в базу данных Web of Science.

Автореферат полностью отражает основные положения, представленные в диссертации.

Таким образом, диссертационная работа является актуальным исследованием, обладает новизной, а выводы и положения, вынесенные на защиту, являются обоснованными.

Заключение.

Диссертационная работа **Боталовой Ксении Ивановны** «Влияние кислотности и щелочности корневой среды на состояние защитных систем и развитие *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., *Pisum sativum* L.», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук, является завершенной и оригинальной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые и научно-обоснованные результаты, имеющие важное теоретическое и практическое значение. Диссертационная работа и автореферат соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, изложенным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842, утвержденного Правительством РФ 24 сентября 2013 г. (с изменениями от 24 февраля 2024 г.), а ее автор Боталова Ксения Ивановна заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 – физиология и биохимия растений.

Официальный оппонент

Макарова Людмила Евгеньевна

доктор биологических наук

специальность 1.5.21 - физиология и биохимия растений

Ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (ФГБУН СИФИБР СО РАН)

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132, а/я 317. Тел.: (3952) 42-67-21 (Приемная СИФИБР); +7 014 917 5793; E-mail: makarova@sifibr.irk.ru

«Отзыв заверяю» Ученый секретарь ФГБУН СИФИБР СО РАН  /Т.В. Копытина



20.01.2026 г.