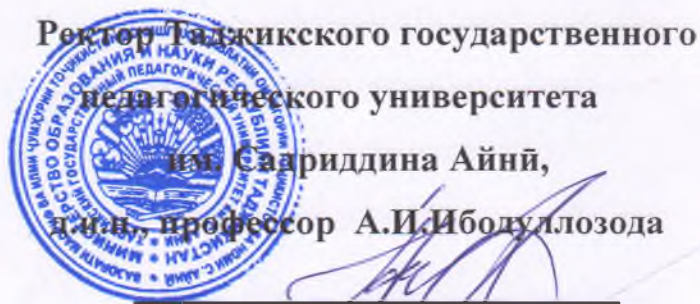


«УТВЕРЖДАЮ»



«25» 06 2024 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Хамроевой Холиды Мухамадиевны на тему: «Экзогенная регуляция механизмов устойчивости растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh. в условиях стресса» на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – физиология и биохимия растений

**Актуальность темы исследования.** Изучение устойчивости и продуктивности различных культур при произрастании в неблагоприятных условиях окружающей среды и роль эндогенных механизмов устойчивости и их компонентов в формировании адаптационного потенциала является актуальным в связи с возникновением проблем изменения климата и продовольственной безопасности.

Известно, что в экстремальных условиях среды индуцируется активация системы антиоксидантной защиты, так как при воздействии стрессов любой природы в первую очередь происходит окислительный стресс, который приводит к нарушению гомеостаза клетки. В результате окислительного стресса наблюдается сверхпродукция активных форм кислорода (АФК) стимулирующих образование малонового диальдегида (МДА) и процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Устойчивость растений к различным стрессовым воздействиям определяется уровнем детоксикации АФК. Более устойчивые генотипы растений имеют более высокую активность антиоксидантных систем, состоящих из антиоксидантных ферментов, таких как СОД, каталаза, глутатионредуктаза, пероксидаза и др., а также низкомолекулярных соединений например пролина или  $\alpha$ -токоферола, которые участвуют в элиминировании свободных радикалов кислорода. В детоксикации АФК участвуют как ферментативные антиоксиданты так и не ферментативные. Особая роль в этой группе принадлежит аскорбиновой кислоте (АК) и  $\alpha$ -токоферолу (витамин Е) как одним из факторов регуляции гомеостаза растений при стрессе.

**Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки.** Диссертационная работа Хамроевой Х.М. полностью соответствует паспорту ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений по следующим пунктам:

11. Физиолого-биохимические основы устойчивости растений к стрессовым условиям внешней среды. Физиология и биохимия адаптации растений к стрессу;
17. Активные формы кислорода в растениях, их структура, синтез и функции. Антиоксидантная система растений;
5. Фотосинтез. Пигменты, исследование состава и функциональной роли. Физиолого-биохимические основы фотосинтеза.

Диссертационная работа Хамроевой Х.М. состоит из введения, 5 глав, заключения, рекомендаций, библиографического списка включающего 203 источника из которых 136 на иностранном языке. Полный объем работы составляет 147 страниц, в том числе содержит 11 таблиц и 23 рисунка. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации. Диссертация и автореферат оформлены соответственно требованиям и грамотно написаны.

**Научный вклад соискателя в решение научной задачи.** Личный вклад соискателя заключался в поиске и анализе литературных источников, подборе

объектов исследования (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.), в постановке и проведении лабораторных и полевых экспериментов, в статистической обработке, интерпретации и апробации полученных результатов. Обобщение результатов диссертационной работы и написание статей выполнены автором совместно с научным руководителем. Доля авторского участия более 90%.

Основные положения диссертации были представлены или доложены на республиканских и международных научных конференциях: Международная конференция и школа молодых ученых «Факторы устойчивости растений и микроорганизмов в экстремальных природных условиях и техногенной среде», Иркутск, РФ, 2016 и 2018 гг.; XIII научно-практическая конференция молодых ученых и студентов с международным участием, посвященная «Году развития туризма и народных ремесел», Душанбе, 2018 и 2019 гг.; Республиканской научной конференции «Адаптация живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды», Душанбе, 2019 и 2021 гг.; Международной научно-практической конференции (67-ой годичной) посвящённой 80-летию ТГМУ им. Абуали ибни Сино и «Годам развития села, туризма и народных ремесел», Душанбе, 2019г.; Республиканской конференции «Достижения современной биохимии в Таджикистане», Душанбе, 2020 г.; Международной научно-практической конференции (68-69 годичной) «Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования», посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремёсел» и 30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан, Душанбе, 2020 и 2021 гг.; Международной научной конференции «Изучение, развитие, сохранение, перспективы эффективного использования биоразнообразия генофонда хлопчатника и других культур».

**Конкретные научные результаты, проведенные автором и их научная новизна.** Хамроевой Х.М. показано, что устойчивость генотипически детерминирована и не всегда стимуляция экзогенными антиоксидантами приводит к повышению адаптационного потенциала. Установлено, что по пределам изменения активности фермента каталазы самым устойчивым оказалась

дикая форма *En* и мутант *ass* как в условиях водной среды, так и в условиях хлоридного засоления без и с добавлением экзогенных антиоксидантов.

В ходе исследования показано, что добавление экзогенных антиоксидантов в водную среду выращивания по отдельности и в комплексе приводит к различной степени ингибирования процессов перекисного окисления липидов. У дикой формы *En* и мутантов *ass*, *cla* и *flavi* наблюдается неодинаковый уровень образования малонового диальдегида (МДА) в присутствии NaCl, показано, что аскорбиновая кислота действует как прооксидант, облегчая реакции окисления, а  $\alpha$ -токоферол резко ингибирует ПОЛ, т.е. проявляет антиоксидантные свойства. Содержание хлорофиллов *a* и *b* у дикой и мутантных форм арабидопсиса при воздействии NaCl несколько уменьшается, также как содержание каротиноидов. Однако, у мутанта *ass* содержание хлорофиллов и каротиноидов повышается, в то время как соотношение *a* / *b* падает.

Хамроевой Х.М. был выявлен разнонаправленный характер распределения продуктов фотосинтеза у дикой формы и мутантных линий арабидопсиса. Изучение фотосинтетического метаболизма углерода у мутантной линии арабидопсиса *ass*, обработанной антиоксидантами, а именно АК и Е, как в отдельности, так и в комплексе показало, что в условиях хлоридного засоления при обработке растений антиоксидантом Е скорость включения  $^{14}\text{C}$  в ИВПЦ по сравнению с растениями, адаптированными в условиях водной среды и обработанными этим же антиоксидантом повышается, но обнаруживаются количественные изменения.

**Практическая значимость исследования.** Полученные результаты физиолого-биохимических исследований влияния экзогенных антиоксидантов на антиоксидантную систему растений имеют важное теоретическое и практическое значение для понимания ответных реакций растений на стресс и формирования механизмов устойчивости, а также роли экзогенных антиоксидантов в повышении адаптационной способности различных культур в условиях изменения климата.

Практическая значимость работы заключается в том, что исследованы физиолого – биохимические показатели у дикой формы и разных мутантов арабидопсиса в условиях хлоридного засоления при воздействии экзогенных антиоксидантов, в частности аскорбиновой кислоты и  $\alpha$ -токоферола, которые могут быть использованы при оценке и создании сценариев адаптационных перестроек в растительных клетках в условиях засоления почв и других стрессорных факторов среды. Полученные данные могут быть рекомендованы и при подборе мер смягчения действия неблагоприятных условий среды, инициирующих образование активных форм кислорода (АФК).

Выявленные в ходе исследования закономерности можно использовать в учебном процессе при чтении лекций и спецкурсов по экофизиологии и биохимии растений в ВУЗах биологического и сельскохозяйственного профиля.

**Соответствие научной квалификации соискателя.** Диссертационная работа Хамроева Х.М. «Экзогенная регуляция механизмов устойчивости растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh. в условиях стресса», выполненная под руководством доктора биологических наук Давлятназаровой Зульфии Буриевны является завершённым научно-квалификационным трудом, в котором на основании проведённых автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение представленную к защите в Диссертационный Совет 6D.KOA-038 при Таджикский национальный университет на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснованы актуальность темы, сформулированы цели и задачи научной работы, значимость проводимых исследований, отражены научная и практическая значимость диссертационной работы, описана научная новизна и возможность применения результатов в производстве, представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе дана краткая информация о существующих в мире исследованиях и их результатах по вопросам устойчивости растений в условиях

воздействия различных факторов среды. Показано, что существуют различные пути обезвреживания активных форм кислорода (АФК). Системы компонентов, участвующие в детоксикации АФК образуют антиоксидантные системы. Антиоксидантная система находится под регуляцией компонентов как эндогенной, так и экзогенной системы защиты. Однако нет достаточных данных об экзогенной регуляции антиоксидантных систем, в частности воздействие таких компонентов как аскорбиновая кислота и  $\alpha$  – токоферол на формирование механизмов устойчивости в условиях стрессорного воздействия.

Во второй главе приведены объекты и методы исследования.

В третьей и четвертой главах диссертации подробно представлены полученные результаты, приводятся данные по морфо-физиологическим показателям различных генотипов арабидопсиса в условиях солевого стресса с добавлением и без экзогенных антиоксидантов (витамины С и Е). Выявлено, что повышение концентрации NaCl отрицательно влияет на прорастание семян и прирост корней и стеблей изученных растений, а также ведёт к нарушению ряда метаболических процессов и тем самым провоцирует задержку роста во время прорастания. Показано, что в условиях и стрессорного воздействия NaCl, и в контроле добавление экзогенных антиоксидантов не всегда имеет стимулирующий эффект на содержание хлорофиллов и каротиноидов. Установлено, что у дикой формы и мутанта *cla* потенциальная интенсивность фотосинтеза (ПДФ) в условиях хлоридного засоления преобладает над растениями контрольного варианта, а у мутантов *ass* и *flavi* обнаружена обратная картина, т.е. ПДФ у этих форм арабидопсиса в контрольном варианте преобладает над растениями опытного варианта, что указывает на то, что имеет место различие ответной реакции на стресс, которая зависит от генотипа растения. Диссертантом получены данные, свидетельствующие о том, что в процессах детоксикации АФК у различных генотипов арабидопсиса, наряду с различными антиоксидантами, в условиях солевого стресса принимают участие аскорбиновая кислота и токоферолы. Данное заключение подтверждается наличием положительной корреляции между уровнем восстановленной аскорбиновой

кислоты (АК) и содержанием МДА у генотипов арабидопсиса, так как выявлено, что аскорбиновая кислота прямо или косвенно ингибирует ПОЛ и участвует в защите компонентов антиоксидантной системы.

Таким образом, Хамроевой Х.М. выявлено, что при воздействии экзогенными антиоксидантами АК и Е и комплекса АК+Е на разные генотипы арабидопсиса в условиях хлоридного засоления проявляется их проантиоксидантная функция, которая подтверждается образованием свободного пролина. Уровень аккумуляции пролина связан с генетическими особенностями различных генотипов арабидопсиса. Использование аскорбиновой кислоты и  $\alpha$ -токоферола не оказало равнозначной защитной роли от АФК, по-разному влияло на образование МДА и перекисное окисление липидов в целом, а также на биосинтез пролина и антиоксидантных ферментов СОД и КАТ.

Выводы, представленные в диссертации чётко сформулированы и полностью соответствуют задачам исследования.

По материалам диссертации опубликовано 19 работ, в том числе, 5 статей в журналах, рецензируемых ВАК при Президенте РТ.

Однако диссертационная работа не лишена некоторых недостатков. В качестве замечаний и пожеланий можно выделить следующее:

1. Для чего было изучено содержание пролина в растениях арабидопсиса в условиях стресса? Достаточно было представить результаты по активности антиоксидантных ферментов СОД и каталазы;
2. На наш взгляд, было необходимо сделать упор на использование биохимических показателей, которые приводятся в работе как тест-признаки. О возможности использовать их в качестве индикаторов стрессоустойчивости упоминается незначительно;
3. В некоторых рисунках (например, рис. 15, 16, 17, 18) отсутствует доверительный интервал, который необходим для более корректной интерпретации данных;

4. Диссертантом выявлено многообразие фотосинтетического метаболизма углерода и указана связь с общими биохимическими механизмами адаптации, но какими именно, что подразумевает диссертант не ясно;
5. В диссертации имеются некоторые ошибки технического характера, опечатки и стилистические погрешности.

Имеющиеся недостатки и замечания не имеют принципиального характера и не снижают достоинство и научную значимость данной диссертационной работы.

### **Заключение**

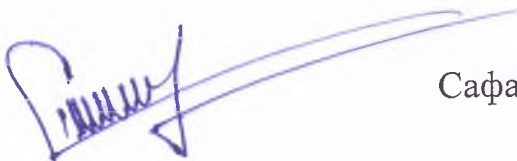
Диссертационная работа Хамроевой Холиды Мухамадиевны на тему: «Экзогенная регуляция механизмов устойчивости растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в условиях стресса» на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений является законченной, научно – квалификационной работой, которая выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, полученные результаты являются новыми и имеют теоретическую и практическую значимость. Достоверность результатов не вызывает сомнений и подтверждается их согласованностью с литературными данными. Это позволяет утверждать, что обозначенные в работе цели и задачи исследования достигнуты, а положения, выносимое на защиту, экспериментально доказаны.

Диссертационная работа имеет внутреннее единство и соответствует установленным требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26.06.2023 г. № 295 (О внесении изменений и дополнений в постановление Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, № 267), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Хамроева Холида Мухамадиевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений.



Отзыв обсуждён на расширенном заседании научно-методического совета кафедры биохимии и генетики факультета биологии Таджикского государственного педагогического университета им. Садриддина Айни, протокол № 11 от 22 июня 2024 г.

Председатель, научно-методического совета  
заведующий кафедрой биохимии и генетики  
факультета биологии ТГПУ  
имени Садриддина Айни, к.б.н.



Сафармади М.

Эксперт, кандидат биологических наук,  
доцент кафедры биохимии и генетики  
факультета биологии ТГПУ  
имени Садриддина Айни



Рахимзода Ш.Х.

Учёный секретарь, ассистент кафедры  
биохимии и генетики  
факультета биологии ТГПУ  
имени Садриддина Айни



Салимзода Ш.

Подписи М. Сафармади, Ш.Х. Рахимзода и  
Салимзода Ш. заверяю:

Начальник Управления кадров и спецчасти  
ТГПУ имени Садриддин Айни



Мустафозода А.

734003, Республики Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 121

Тел:+992(37)224-13-83

E-mail: [info@tgpu.tj](mailto:info@tgpu.tj)

24.06.2024