

ОТЗЫВ

официального оппонента о научно-практической ценности диссертации Хамроевой Холиды Мухамадиевны на тему: «**Экзогенная регуляция механизмов устойчивости растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в условиях стресса**», представленной к защите в Диссертационный Совет 6D.KOA-038 при Таджикском национальном университете на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений

Актуальность проблемы. В последние годы особое внимание уделяется изучению устойчивости и продуктивности различных культур в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды и роли антиоксидантов в повышении адаптационного потенциала.

В экстремальных условиях среды индуцируется активация многоуровневой биохимической системы антиоксидантной защиты, так как при воздействии стрессоров любой природы в первую очередь происходит оксидативный стресс, ведущий к разбалансировке гомеостаза. В результате оксидативного стресса наблюдается сверхпродукция активных форм кислорода (АФК) стимулирующих образование малонового диальдегида (МДА) и процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ).

В настоящее время имеются данные, указывающие на то, что 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 α -токоферола, которые участвуют в элиминировании свободных радикалов кислорода.

В детоксикации АФК также участвуют и не ферментативные антиоксиданты. Особая роль в этой группе принадлежит аскорбиновой кислоте (АК) и α -токоферолу (витамин Е).

Антиоксидантные свойства АК связаны с детоксикацией H_2O_2 и других АФК. Помимо этого, АК может выполнять роль кофактора, участвующего в регенерации токоферола – одного из основных протекторов клеточных мембран от окислительного стресса и способствующего сохранению ионного

гомеостаза клеток. Роль токоферолов состоит во взаимодействии с перекисными радикалами липидов и торможении процессов перекисного окисления (ПОЛ).

Изучение проявления защитных функций антиоксидантной системы в условиях стресса и ее влияние на физиолого-биохимические показатели C_3 -растений представляет особый интерес и имеет теоретическое и практическое значение, однако проблемы, функционирования механизмов устойчивости различных растений под действием факторов среды до конца не изучены.

Полнота изложения основных результатов диссертации в научной печати. По теме диссертации опубликовано - 19 работ в материалах республиканских и международных научных конференций и семинаров, в том числе - 5 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Оценка содержания работы

Структура диссертации представлена в традиционном стиле и изложена на 147 страницах. Состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка цитированной литературы.

В список используемой литературы включены 203 источника, из которых 136 на иностранном языке. Работа иллюстрирована 23 рисунками и 11 таблицами.

Во введении дан краткий анализ современного состояния вопроса адаптации живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды. Адаптация на различных уровнях организации, а также физиологические и биохимические механизмы адаптации, указаны невыясненные и неисследованные вопросы. Сформулировано основное направление работы, ее цель и задачи.

Глава 1 обзор литературы - охватывает широкий круг вопросов, четко и полно отражающих процессы адаптации растений в условиях воздействия стрессоров различной природы. Более подробно рассмотрены окислительный стресс и адаптации растений в условиях стресса. Окислительный стресс является последствием любого стресса, и имеет более негативные последствия, так как в результате сверхпродукции и накопления активных

форм кислорода происходит разобщение работы биохимической машины. Диссертант глубоко и всесторонне изучила все современные публикации в этой области и четко определила вытекающие из них собственные задачи.

Глава 2 «Материалы и методы исследования». Экспериментальная часть диссертационной работы начинается с описания объектов исследования, условий проведения экспериментов. В ходе исследования использовались классические и современные методы, используемые в физиологии и биохимии растений, с использованием современного оборудования и реактивов, а также математического и статистического анализа полученных экспериментальных результатов. На основе физиолого – биохимического подхода в изучении проблем регуляции процессов адаптации растений арабидопсиса в условиях стресса, диссертантом получены принципиально новые экспериментальные результаты.

В главе 3 представлены некоторые физиологические аспекты устойчивости *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в условиях негативных факторов окружающей среды. Одним из таких факторов является засоление почв, которое отрицательно сказывается на сельском хозяйстве и имеет далеко идущие негативные последствия для природных экосистем, в том числе агроэкосистем.

В ходе исследования диссертантом проведён сравнительный анализ морфо-физиологических показателей, определено содержание АФК и пигментов, выявлены параметры фотосинтеза у растений арабидопсиса в условиях стресса и в норме с добавлением и без эндогенных антиоксидантов. Одним из индикаторов ответных реакций растений на стрессорное воздействие является фотосинтетическая ассимиляция CO_2 и фотосинтетический метаболизм углерода. Данный процесс является обязательным компонентом продукционного процесса растений, который в свою очередь является необходимым для изучения механизмов адаптации и продуктивности растений, особенно в условиях стресса.

Исследованиями Хамроевой Х.М. по распределению ^{14}C среди продуктов фотосинтеза и суммы продуктов фотосинтетического метаболизма углерода в условиях хлоридного засоления у дикой формы и ряда мутантных линий арабидопсиса выявлено, что у дикой формы *En* количество меченого углерода в условиях хлоридного засоления в составе сахаров, интермедиатов

гликолатного пути (ИГП) и ФЭП-продукты преобладают по сравнению с растениями в условиях водной среды, и наоборот.

В главе 4 представлены результаты изучения действия экзогенных антиоксидантов на содержание эндогенной аскорбиновой кислоты растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в условиях солевого стресса. Выявлены ключевые механизмы влияния солевого стресса на перекисное окисление липидов и роль экзогенных антиоксидантов в детоксикации АФК. Изучены активности антиоксидантных ферментов СОД и каталазы в условиях солевого стресса, показаны различия по их содержанию у дикой формы и мутантных линий арабидопсиса при воздействии антиоксидантов.

Изучено влияние экзогенной аскорбиновой кислоты (АК) и токоферола (Е) на уровень содержания пролина в растениях дикой формы и мутантов арабидопсиса в условиях хлоридного засоления и показано, что использование экзогенных антиоксидантов в зависимости от условия эксперимента по-разному оказывает влияние на его содержание. Сопоставление полученных результатов у растений контрольного варианта с растениями опытного показало, что содержание пролина у растений опытного варианта, обработанных экзогенными антиоксидантами АК, Е и в комплексе АК + Е существенно преобладает над растениями контрольного варианта. А у мутанта *ass*, обработанного антиоксидантом в комплексе АК + Е, наблюдается обратная картина, т.е. содержание пролина существенно преобладает над растениями опытного варианта.

Глава 5 посвящена обсуждению результатов исследования. Впервые изучено влияние экзогенных антиоксидантов, аскорбиновой кислоты и α -токоферола в регуляции адаптационного потенциала растений арабидопсиса. Показано, что устойчивость генотипически детерминирована и не всегда стимуляция экзогенными антиоксидантами приводит к повышению уровня устойчивости.

Диссертант приходит к выводу, что у дикой формы высокая активность СОД наблюдалась у растений, выращенных в условиях хлоридного засоления при концентрации 0.1 М NaCl, а минимальная – у растений в условиях хлоридного засоления (0.05 М NaCl) при добавлении витамина Е. Однако у мутанта *flavi* максимальная активность СОД установлена у растений, выращенных в условиях водной среды при воздействии аскорбиновой

кислоты. У мутанта *ass* максимальное значение активности СОД наблюдается у растений в условиях хлоридного засоления при добавлении комплекса АК+Е.

Установлено, что по пределам изменения активности 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 антиоксидантов.

Изучение влияния аскорбиновой кислоты и α -токоферола на процессы перекисного окисления липидов у дикой и мутантных форм *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. выявило, 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, аскорбиновая кислота действовала как прооксидант, т.е. облегчала реакции окисления, а α -токоферол резко ингибировал ПОЛ.

Выводы диссертации полностью соответствуют поставленным задачам.

Полученные Хамроевой Х.М. результаты физиолого-биохимических исследований влияния экзогенных антиоксидантов на антиоксидантную систему растений имеют важное теоретическое и практическое значение при оценке и создании сценариев адаптационных перестроек в растительных клетках в условиях засоления почв и других стрессорных факторов среды.

Практическая значимость работы заключается в том, что исследованы физиолого-биохимические показатели у дикой формы и разных мутантов арабидопсисиса в условиях хлоридного засоления при воздействии экзогенных антиоксидантов, в частности аскорбиновой кислоты и α -токоферола.

Полученные данные могут быть рекомендованы при подборе мер смягчения действия неблагоприятных условий среды, инициирующих образование активных форм кислорода (АФК).

Выявленные в ходе исследования закономерности можно использовать при подготовке учебно-методических пособий, а также при чтении лекций и спецкурсов по экофизиологии и биохимии растений в ВУЗах биологического и сельскохозяйственного профиля.

В целом диссертационная работа Хамроевой Х.М. является завершенным научным трудом, который представляет собой новое достижение в области экзогенной регуляции антиоксидантных систем защиты растений.

В качестве замечаний и пожеланий хочу отметить следующее:

1. Название главы «Некоторые физиологические аспекты устойчивости...» необходимо было более конкретизировать.
2. Научная новизна работы представлены в большом объеме, необходимо было сократить и сделать более доступным.
3. При обсуждении результатов исследования связь между главами, несколько отдалена, желательно было бы сделать более плавные переходы.
4. Не совсем понятен выбор объектов исследования, почему были выбраны именно дикая форма расы *Enkheim* и мутанты 58/15 *flavi-1* (*flavoviridis*), 90 *cla* (*clavatus*), 931/1 (*ass 1*) (*asymmetrica*)?
5. С чем связан различный уровень активации антиоксидантной системы мутантных линий?
6. В работе имеются некоторые стилистические погрешности, опечатки и технические ошибки.

Высказанные замечания не носят принципиально характера и ни в коей мере не умаляют достоинства результатов диссертационного исследования, приведенных в работе.

Автореферат диссертации полностью соответствует диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Хамроевой Х.М. на тему: «Экзогенная регуляция механизмов устойчивости растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в условиях солевого стресса», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений является законченной, научно-квалификационной работой и по актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, обоснованности и достоверности выводов и рекомендаций, а также по публикациям результатов исследования отвечает 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) и её автор Хамроева Холида Мухамадиевна заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений.

**Официальный оппонент,
доктор биологических наук,
профессор кафедры биохимии
биологического факультета**

Таджикского национального университета  **Юлдошев Х.**

Подпись д.б.н., профессора Юлдошева Химохиддина

«Заверяю»

Начальник управления кадров и спецчасти

Таджикского национального университета

« 15 » 08. 2024 г.



Тавкиев Э.Ш.

Контактная информация: Таджикский национальный университет

Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17

Тел: (+992) 372217711; **Website:** www.tnu.tj