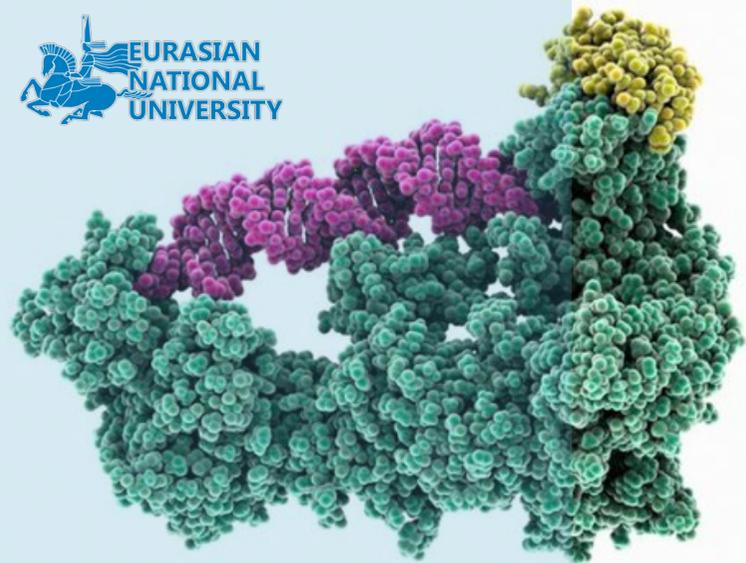


ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



Л. Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Л. Н. ГУМИЛЕВА

АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН
11 СӘУІР 2024 ЖЫЛ

АСТАНА, КАЗАХСТАН
11 АПРЕЛЯ 2024 ГОД

"ОМАРОВ ОҚУЛАРЫ: ХХІ
ҒАСЫРДЫҢ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ
БИОТЕХНОЛОГИЯСЫ" АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ
ФОРУМНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО
ФОРУМА "ОМАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ:
БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ
ХХІ ВЕКА"

УДК 57 (063)
ББК 28.0
Ж 66

Жалпы редакцияны басқарған т.ғ.д., профессор Е.Б. Сыдықов
Под редакцией д.и.н., профессора Е.Б. Сыдыкова

Редакция алқасы:
Редакционная коллегия:

Ж.К. Масалимов, А.Б. Курманбаева, Ж.А.Нурбекова, Н.Н. Иқсат.

«Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» халықаралық ғылыми форумының баяндамалар жинағы. – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2024. – 284 б., қазақша, орысша, ағылшынша.

Сборник материалов международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». – Астана. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2024. – 284 с., казахский, русский, английский.

ISBN 978-601-337-977-7

Жинақ «Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» атты халықаралық ғылыми форумна қатысушылардың баяндамаларымен құрастырылған. Бұл басылымда биология, биотехнология, молекулалық биология және генетиканың маңызды мәселелері қарастырылған. Жинақ ғылыми қызметкерлерге, PhD докторанттарға, магистранттарға, сәйкес мамандықтағы студенттерге арналған.

Сборник составлен по материалам, представленным участниками международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». Издание освещает актуальные вопросы биологии, биотехнологии, молекулярной биологии и генетики. Сборник рассчитан на научных работников, PhD докторантов, магистрантов, студентов соответствующих специальностей.

ISBN 978-601-337-977-7



УДК 57
ББК 28
О-58

©Коллектив авторов, 2024
©Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2024

Финансирование. Данная работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования BR21882269 «Использование технологии редактирования генома для повышения продуктивности экономически важных культурных растений» МНВО РК.

Список использованной литературы.

1. Oerke E.-C., Dehne H.-W. Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection // *Crop Protection*. 2004. Vol. 23, № 4. P. 275–285.
2. Iksat N., Masalimov Z., Omarov R. Plant virus resistance biotechnological approaches: From genes to the CRISPR/Cas gene editing system // *Journal of Water and Land Development*. Polish Academy of Sciences; Institute of Technology and Life Sciences - National Research Institute, 2023. № No 57. P. 147–158.
3. Freije C.A. et al. Programmable Inhibition and Detection of RNA Viruses Using Cas13 // *Molecular Cell*. Elsevier, 2019. Vol. 76, № 5. P. 826-837.e11.
4. Jackson A.L., Linsley P.S. Recognizing and avoiding siRNA off-target effects for target identification and therapeutic application // *Nature Reviews Drug Discovery*. 2010. Vol. 9, № 1. P. 57–67.
5. Mahas A., Aman R., Mahfouz M. CRISPR-Cas13d mediates robust RNA virus interference in plants // *Genome Biology*. 2019. Vol. 20, № 1. P. 263.
6. Omarov R. et al. Express method of viral particals isolation from infected plant material in preparative amounts: pat. 2039 USA. 2017.
7. Omarov R. et al. Method of identification of viral infection in plant tissues by rapid method: pat. 3624 USA. 2019.
8. Shamekova M. et al. Tombusvirus-based vector systems to permit over-expression of genes or that serve as sensors of antiviral RNA silencing in plants // *Virology*. 2014. Vol. 452–453. P. 159–165.
9. Yergaliyev T.M. et al. The involvement of ROS producing aldehyde oxidase in plant response to Tombusvirus infection // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2016. Vol. 109. P. 36–44.
10. Sharma V.K. et al. CRISPR guides induce gene silencing in plants in the absence of Cas // *Genome Biology*. 2022. Vol. 23, № 1. P. 6.

УДК 57.045

Оценка антиоксидантной устойчивости растений

Елтузарбек А.М., Бектурова А.Ж.

Магистрант курса 2 факультета естественных наук Евразийского национального университета им Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
2001asylbek000@gmail.com

В современном мире растения сталкиваются с рядом стрессовых условий, которые могут серьезно ограничить их рост и развитие. Эти условия могут включать в себя экстремальные температуры, недостаток воды, солевую стрессу, а также атмосферные загрязнения. Однако, благодаря своей удивительной способности к адаптации, растения развили разнообразные механизмы защиты, включая систему антиоксидантов. Растения, подобно живым существам, вступают в постоянное взаимодействие с окружающей средой, где они подвергаются различным стрессовым условиям. Эти условия могут варьироваться от экстремальных температур и недостатка воды до солевого стресса и атмосферных загрязнений. В таких условиях растения вынуждены мобилизовать свои защитные механизмы для приспособления и выживания [1]. Среди этих механизмов ключевую роль играет система антиоксидантов, которая обеспечивает защиту клеток от повреждений, вызванных избыточным образованием активных форм кислорода (АФК) [2]. В последние десятилетия значительное внимание уделяется исследованию

антиоксидантной устойчивости растений и ее влиянию на их выживаемость и продуктивность в условиях стресса. Это не только актуальная проблема для сельского хозяйства, где повышение урожайности и качества продукции становится все более важным, но и ключевой фактор для понимания динамики экосистем и биоразнообразия в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия. Стрессовые условия являются неотъемлемой частью жизни растений, будучи вызванными различными факторами окружающей среды, такими как аномальные климатические условия, загрязнение окружающей среды, патогенные агенты и дефицит воды [3,4]. В ответ на эти вызовы, растения активируют сложные системы защиты, среди которых особую роль играют антиоксиданты. Антиоксиданты являются ключевыми компонентами в растительной адаптации к стрессовым условиям, обеспечивая защиту клеток от повреждений, вызванных избыточным образованием активных форм кислорода. Изучение антиоксидантной устойчивости растений приобретает все большее значение в свете изменяющихся климатических условий и антропогенного воздействия. В данной статье мы обсудим методы исследования антиоксидантной устойчивости растений, а также значимость этого аспекта для современной биологии и практического сельского хозяйства.

Механизмы Стресса и Роль Антиоксидантов

Стрессовые условия могут приводить к повреждениям клеток растений из-за избыточного образования активных форм кислорода (АФК). Эти АФК, такие как перекись водорода (H_2O_2), супероксидный радикал ($O_2^{\bullet-}$) и гидроксильный радикал ($\bullet OH$), могут нанести ущерб белкам, липидам и нуклеиновым кислотам в клетках растений. Однако, система антиоксидантов, включая ферменты такие как каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза, а также некоторые низкомолекулярные антиоксиданты, например, аскорбиновая кислота (витамин С) и токоферолы (витамин Е), играют ключевую роль в обеспечении клеточной защиты от повреждений, вызванных АФК [5,6]. Стрессовые условия, такие как экстремальные температуры, недостаток воды, солевая стресса и атмосферные загрязнения, приводят к нарушению гомеостаза в клетках растений. Это может вызывать избыточное образование активных форм кислорода (АФК), таких как перекись водорода (H_2O_2), супероксидный радикал ($O_2^{\bullet-}$) и гидроксильный радикал ($\bullet OH$), которые могут нанести ущерб различным биомолекулам в клетке, включая белки, липиды и нуклеиновые кислоты.

Антиоксиданты играют важную роль в защите клеток от повреждений, вызванных АФК. Эти соединения обладают способностью нейтрализовывать АФК и предотвращать их воздействие на биомолекулы. Некоторые антиоксиданты являются ферментами, такими как каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза, которые катализируют разложение АФК на меньшенарправленные молекулы. Другие антиоксиданты, такие как аскорбиновая кислота (витамин С) и токоферолы (витамин Е), являются низкомолекулярными антиоксидантами, которые действуют в качестве свободных радикалов, нейтрализующих АФК [7,8].

Таким образом, антиоксидантные системы играют критическую роль в поддержании клеточного гомеостаза и обеспечении выживаемости растений в условиях стресса. Исследование механизмов регуляции и эффективности антиоксидантных систем помогает понять адаптационные стратегии растений и может привести к разработке новых методов улучшения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур. Стрессовые условия, с которыми сталкиваются растения, могут приводить к активации различных механизмов, направленных на поддержание жизненно важных функций и защиту клеток от негативных воздействий. Важными факторами стресса являются экстремальные температуры, водный дефицит, солевая стресса, а также окислительное воздействие активных форм кислорода, порождаемых в результате метаболических процессов и воздействия абиотических и биотических стрессоров [9].

В условиях стресса происходит увеличение образования свободных радикалов и других активных форм кислорода (АФК), что может приводить к окислительному стрессу - дисбалансу между производством АФК и деятельностью антиоксидантной системы растений. Этот дисбаланс может вызывать повреждения белков, липидов, ДНК и других клеточных компонентов, что отрицательно сказывается на росте, развитии и выживаемости растений. Растения развили эффективные механизмы защиты, среди которых ключевую роль играют антиоксиданты. Антиоксиданты способны нейтрализовывать АФК и предотвращать окислительные повреждения клеток. Эти соединения включают в себя как ферменты, такие как супероксиддисмутаза (SOD), пероксидаза (POD) и каталаза (CAT), так и низкомолекулярные антиоксиданты, например, аскорбиновую кислоту (витамин С), токоферолы (витамин Е), глутатион и каротиноиды. Благодаря своей способности к нейтрализации АФК, антиоксиданты помогают растениям справляться с окислительным стрессом и поддерживать нормальное функционирование клеток и тканей в условиях стресса [10,11]. Исследования механизмов стресса и роли антиоксидантов в адаптации растений к неблагоприятным условиям окружающей среды имеют важное значение как для фундаментальной науки, так и для разработки стрессоустойчивых сортов растений, что является важным направлением в сельском хозяйстве в условиях изменяющегося климата и экологической дестабилизации.

Антиоксидантные ферменты, такие как супероксиддисмутаза, пероксидаза и каталаза, играют важную роль в нейтрализации АФК. Например, супероксиддисмутаза (SOD) катализирует дисмутацию супероксидного радикала водорода ($O_2^{\bullet-}$) в перекись водорода (H_2O_2), тем самым предотвращая образование гидроксильного радикала ($\bullet OH$) и других опасных АФК. Пероксидаза и каталаза затем участвуют в разложении перекиси водорода до воды и кислорода, что способствует уменьшению окислительного стресса в клетках [13,14].

Помимо ферментативных антиоксидантов, низкомолекулярные антиоксиданты, такие как аскорбиновая кислота (витамин С) и токоферолы (витамин Е), также играют ключевую роль в защите клеток от окислительного стресса. Они действуют как свободные радикалы-поглотители, нейтрализуя АФК и предотвращая окислительные повреждения в клетках. Глутатион, еще один важный низкомолекулярный антиоксидант, участвует в регенерации окисленных форм других антиоксидантов, таких как витамин С и витамин Е, что увеличивает эффективность антиоксидантной защиты растений [15].

Исследования механизмов стресса и роли антиоксидантов продолжают привлекать внимание научного сообщества, поскольку понимание этих процессов является ключом к разработке эффективных стратегий повышения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур. При этом необходимо учитывать, что различные виды растений могут иметь разную чувствительность к стрессу и разные механизмы адаптации, что подчеркивает важность дальнейших исследований в этой области для разработки инновационных подходов к улучшению стрессоустойчивости растений и обеспечению продовольственной безопасности в условиях меняющегося климата и окружающей среды.

Вот пример таблицы, иллюстрирующей различные антиоксидантные ферменты и низкомолекулярные антиоксиданты, их роли и механизм действия:

Таблица 1- Механизм действия и роль антиоксидантов.

Антиоксидант	Роль	Механизм действия
Супероксиддисмутаза (SOD)	Катализирует дисмутацию супероксидного радикала водорода ($O_2^{\bullet-}$) до перекиси водорода (H_2O_2), предотвращая образование гидроксильного радикала ($\bullet OH$) и других опасных АФК.	$SOD + O_2^{\bullet-} \rightarrow H_2O_2 + O_2$

Антиоксидант	Роль	Механизм действия
Пероксидаза (POD)	Катализирует разложение перекиси водорода (H ₂ O ₂) до воды (H ₂ O) и кислорода (O ₂), снижая уровень окислительного стресса в клетках.	$H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + O_2$
Каталаза (CAT)	Также катализирует разложение перекиси водорода (H ₂ O ₂) до воды (H ₂ O) и кислорода (O ₂), способствуя уменьшению окислительного стресса.	$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$
Аскорбиновая кислота (витамин С)	Нейтрализует АФК, действуя как свободный радикал-поглотитель, а также участвует в регенерации других антиоксидантов.	$Ascorbate + АФК \rightarrow Dehydroascorbate$
Токоферолы (витамин Е)	Предотвращают окислительные повреждения в клетках, нейтрализуя АФК.	$Токоферол + АФК \rightarrow Токофероксил-радикал$
Глутатион	Участвует в регенерации окисленных форм других антиоксидантов, таких как витамин С и витамин Е, повышая эффективность антиоксидантной защиты.	$Глутатион + АФК \rightarrow Reduced\ Glutathione$

Эта таблица демонстрирует основные антиоксидантные соединения, их роли в защите клеток от окислительного стресса и основные механизмы их действия.

Для оценки антиоксидантной устойчивости растений в условиях стресса применяются различные методы подходы. Одним из них является изучение активности ключевых ферментов антиоксидантной системы, таких как каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза, при экспозиции растений стрессовым факторам. Это позволяет оценить способность растений быстро реагировать на стрессовые условия путем активации антиоксидантной системы.

Другим методом является измерение содержания низкомолекулярных антиоксидантов, таких как аскорбиновая кислота, токоферолы, каротиноиды и флавоноиды, в растениях. Повышенное содержание этих антиоксидантов может свидетельствовать о активации защитных механизмов растений в ответ на стресс [16].

Также широко используются методы анализа окисленных биомолекул, таких как белков, липидов и нуклеиновых кислот, с целью оценки уровня повреждений, вызванных стрессом, и эффективности антиоксидантной защиты. В таблице 2 указан пример иллюстрирующей методы оценки антиоксидантной устойчивости растений:

Таблица 2 – Методы оценки антиоксидантной устойчивости растений.

Метод оценки	Описание	Примерные результаты
Активность антиоксидантных ферментов	Оценка активности ключевых ферментов антиоксидантной системы (например, супероксиддисмутаза, пероксидазы, каталазы) в ответ на стрессовые факторы.	Повышение активности антиоксидантных ферментов при стрессе свидетельствует о активации защитных механизмов растений.

Метод оценки	Описание	Примерные результаты
Измерение содержания низкомолекулярных антиоксидантов	Оценка содержания низкомолекулярных антиоксидантов, таких как аскорбиновая кислота (витамин С), токоферолы (витамин Е), каротиноиды и флавоноиды, в растениях под воздействием стресса.	Увеличение содержания низкомолекулярных антиоксидантов в растениях при стрессе может свидетельствовать о активации антиоксидантной защиты.
Анализ окисленных биомолекул	Изучение уровня окисленных биомолекул, таких как окисленные белки, липиды и нуклеиновые кислоты, в клетках растений в ответ на стресс.	Повышенный уровень окисленных биомолекул может указывать на наличие окислительного стресса и недостаточной антиоксидантной защите.
Оценка физиологических параметров	Измерение физиологических параметров, таких как фотосинтетическая активность, содержание хлорофилла, водный потенциал и транспирация, в растениях под воздействием стресса.	Снижение фотосинтетической активности и содержания хлорофилла, а также изменения в водном потенциале и транспирации, могут свидетельствовать о негативном воздействии стресса на растения.

В заключение, оценка антиоксидантной устойчивости растений в условиях стресса играет важную роль в понимании их адаптационных механизмов и разработке стратегий для повышения их стрессоустойчивости. Методы оценки, такие как измерение активности антиоксидантных ферментов, анализ содержания низкомолекулярных антиоксидантов и оценка уровня окисленных биомолекул, предоставляют ценную информацию о состоянии растений под воздействием стресса и эффективности их антиоксидантной защиты. Понимание роли антиоксидантов в защите растений от окислительного стресса не только является ключом к разработке новых методов улучшения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур, но и имеет важное значение для сохранения биоразнообразия и экосистем. Путем совершенствования селекции и генетической инженерии мы можем создавать новые сорта растений, более адаптированные к стрессовым условиям, что способствует обеспечению продовольственной безопасности и устойчивости сельского хозяйства в условиях изменяющегося климата и окружающей среды. Таким образом, продолжение исследований в области антиоксидантной устойчивости растений является ключевым фактором для развития устойчивого сельского хозяйства и обеспечения устойчивости экосистем в целом. В результате проведения оценки антиоксидантной устойчивости растений в условиях стресса, мы можем получить ценные данные о их способности адаптироваться к неблагоприятным условиям окружающей среды. Эти данные не только помогают нам понять механизмы защиты растений от стресса, но и имеют практическое значение для разработки стрессоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур и улучшения методов управления агроэкосистемами. Значимость исследований антиоксидантной устойчивости растений расширяется за пределы сельского хозяйства. Эти исследования также имеют важное значение для экологии, поскольку растения играют ключевую роль в поддержании

биоразнообразия и устойчивости экосистем. Понимание механизмов адаптации растений к стрессовым условиям помогает нам прогнозировать реакции растительных сообществ на изменения в окружающей среде, такие как изменения климата и антропогенное воздействие.

В заключение, исследования антиоксидантной устойчивости растений играют важную роль в науке и практике сельского хозяйства и экологии. Продолжение этой работы будет способствовать созданию более устойчивых и продуктивных сельскохозяйственных систем и способствовать сохранению природных экосистем в условиях изменяющегося мира.

Список использованной литературы

1. Pereira A. Plant abiotic stress challenges from the changing environment. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:1123.
2. Mittler, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*. 2006; 11(1):15-19.
3. Gill, S.S., Tuteja, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010; 48(12):909-930.
4. Foyer, C.H., Noctor, G. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2009; 11(4):861-905.
5. Hasanuzzaman, M., et al. Antioxidant defense mechanisms and their potential role in abiotic stress tolerance in plants. In: Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Nahar, K., Biswas, J.K. (eds) *Advances in Plant Abiotic Stress Tolerance Management*. Springer, Singapore. 2018; pp. 181-197.
6. Singh A., Kumar A., Yadav S., Singh I.K. Reactive oxygen species-mediated signaling during abiotic stress. 2019.
7. Raja V., Majeed U., Kang H., Andrabi K.I., John R. Abiotic stress: Interplay between ROS, hormones and MAPKs. *Environ. Exp. Bot.* 2017; 137(142), 142–157.
8. Gill S.S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 2010; 909–930.
9. Hasanuzzaman M., Hossain M.A., Teixeira da Silva J.A., Fujita M. Plant responses and tolerance to abiotic oxidative stress: Antioxidant defense is a key factor. 2012; pp. 261–316.
10. Kaur N., Kaur J., Grewal S.K., Singh I. Effect of Heat Stress on Antioxidative defense system and its amelioration by heat acclimation and salicylic acid pre-treatments in three pigeonpea genotypes. *Indian J. Agric. Biochem.* - 2019. - 106–110.
11. Mittler R. ROS are good. *Trends Plant Sci.* 2017; 11–19.
13. Sun Y., Wang H., Liu S., Peng X. Exogenous application of hydrogen peroxide alleviates drought stress in cucumber seedlings. *S. Afr. J. Bot.* 2016; 106:23–28.
14. Habib N., Ali Q., Ali S., Javed M.T., Zulqurnain Haider M., Perveen R., Shahid M.R., Rizwan M., Abdel-Daim M.M., Elkelish A. Use of Nitric oxide and hydrogen peroxide for better yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit conditions: Growth, osmoregulation, and antioxidative defense mechanism. 2020; 9(285).
15. Terzi R., Kadioglu A., Kalaycioglu E., Saglam A. Hydrogen peroxide pretreatment induces osmotic stress tolerance by influencing osmolyte and abscisic acid levels in maize leaves. 2014; 559–565.
16. Kaur N., Kaur J., Grewal S.K., Singh I. Effect of Heat Stress on Antioxidative defense system and its amelioration by heat acclimation and salicylic acid pre-treatments in three pigeonpea genotypes. *Indian J. Agric. Biochem.* 2019; 106–110.

Cross tolerance mechanism of heat/cold shock vital for plant to cope with abiotic stress

Samat Abay¹, Kurmanbayeva Assylay¹, Masalimov Zhaksylyk¹