

## ПРИМЕНЕНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

В.М. Пахомова, А.И. Даминава

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», Казань, Россия; *pahomovav@mail.ru*

**Аннотация.** В статье обобщены собственные и литературные данные по практическому применению синтетических и природных антиоксидантов в растениеводстве, в том числе и при действии стрессовых факторов среды абиогенной и биогенной природы. Особое внимание уделяется антиоксидантному действию полифункциональных хелатных железо-, медь-, цинк-, марганец-содержащих микроудобрений, разработанных по собственной технологии и проявляющих выраженный защитный эффект на сельскохозяйственные растения не только в условиях засухи, жары, пониженной температуры и засоления, но и в условиях их комбинированного сочетания.

**Ключевые слова:** *природные и синтетические антиоксиданты, защитное действие, растениеводство*

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-618-622

Наличие значительной качественной аналогии в многообразии физиологических реакций биосистем на различные типы воздействий предполагает существование единого звена, общих принципов и механизмов в формировании стрессового ответа [Пахомова, 1999 а, б; 2000; 2001]. В качестве такого универсального компонента рассматривается окислительный (оксидативный) стресс, развитие которого к настоящему времени показано при действии на биосистемы самых разнообразных неблагоприятных факторов: засухи, засоления, гипо- и гипертермии, низкоинтенсивном ионизирующем излучении, действии гербицидов, патогенов и др. [Балалаева, 2004]. Увеличение продукции активных форм кислорода (АФК) при окислительном стрессе в неблагоприятных условиях приводит к активации окислительных процессов, в том числе перекисного окисления липидов (ПОЛ). Интенсификация ПОЛ способна привести к изменению свойств липидного матрикса мембран и модификации метаболизма всей клетки, однако его воздействие существенно ограничивается за счет работы антиоксидантной системы (АОС), включающей ферменты и низкомолекулярные соединения [Брилкина, 2002].

Недостаток природных антиоксидантов (АО) приводит к интенсификации окислительных процессов в клетке и увеличению содержания в ней АФК. Антиокислительная активность клетки способствует мобилизации защитных систем и предопределяет интенсивность ответной реакции на патогенное воздействие. Важным свойством синтетических и природных антиоксидантов, введенных в клетку извне, является их способность восполнять недостаток эндогенных (собственных) антиоксидантов. На этом и основано их практическое применение [Пахомова, Гайсин, 2008]. Целью данной работы явилось обобщение известных экспериментальных исследований по практическому применению антиоксидантов в растениеводстве.

Термин «антиоксиданты» (АО) появился в 60-х годах XX в., благодаря исследованиям Б.Н. Тарусова (1954) и Н.М. Эмануэля (1963) [цит. по Шаталову и др., 2015]. Именно Н.М. Эмануэль со своими учениками определили механизм действия антиоксидантов и дали им определение как соединений, угнетающих развитие свободнорадикального окисления. Работы ученых школы академика Н.М. Эмануэля внесли основополагающий вклад в создание теоретических основ действия

антиоксидантов [Бурлакова, 2007]. Большую роль в создании научных основ практического использования антиоксидантов, в том числе биоантиоксидантов, сыграли фундаментальные исследования Института химической физики АН СССР (ныне РАН), проводимые под руководством д.б.н. Е.Б. Бурлаковой [Бурлакова, 2007]. Как известно, биоантиоксидантами называют вещества, которые в модельных свободнорадикальных процессах окисления проявляют свойства ингибиторов реакций и сохраняют эти свойства при введении их в живой организм.

Методы практического использования антиоксидантов для защиты сельскохозяйственных культур от ряда заболеваний, наносящих существенный экономический ущерб, разрабатываются уже более 40 лет [Пахомова, Гайсин, 2008].

Так, распространенным вредоносным заболеванием виноградной лозы, плодовых и ягодных культур является бактериальный рак. На основе антиоксидантов созданы препараты, подавляющие развитие рака в год обработки на 70-100% и предотвращающие его развитие в последующие 2-3 года. Развитие опухолевых заболеваний растений эффективно тормозит, в том числе, антиоксидант – дибунол.

Предпосылкой для широких испытаний антиоксидантов на бактериальном раке растений послужили исследования, в которых было установлено, что при развитии этого заболевания содержание свободных радикалов меняется. Показано, что в фазе быстрого роста опухолей в них резко возрастает концентрация свободных радикалов. Антиоксиданты уменьшают содержание свободных радикалов и тормозят рост опухолей. Подобные закономерности были обнаружены ранее при таких опухолевых заболеваниях растений, как рак картофеля, кила капусты.

Важно, что развитие опухолевых заболеваний человека и животных, с одной стороны, и растений – с другой, имеет много общих черт и ингибируется одними и теми же химическими препаратами. Высокую эффективность в ингибировании бактериального рака растений в полевых условиях проявляет антиоксидант фенозан, созданный в Институте химической физики [Бурлакова, 2007] совместно со специалистами Московского перерабатывающего завода.

Открытие дешевых, легкодоступных и экологически безопасных синтетических и природных антиоксидантов дало начало многочисленным направлениям использования этих препаратов в растениеводстве. Одним из перспективных аспектов практического применения биоантиоксидантов является защита с их помощью урожая сельскохозяйственных культур при хранении. Большой интерес в связи с этим представляет работа, выполненная в Институте биохимии им. А.Н. Баха совместно с рядом других учреждений. Показано, что синтетические (в частности, дилудин и сантохин) и природные антиоксиданты защищают яблоки от развития «загара» (побурения), который как полагают, инициируется сесквитерпеновым углеводородом фарнезенем. Найдена возможность защищать антиоксидантами яблоки, груши, персики, абрикосы, а также картофель от поражения различными болезнями в период хранения, при этом потери урожая снижаются на 30-50%, а вкусовые и технологические качества полностью сохраняются.

Важная работа выполнена также во Всесоюзном НИИ сахарной промышленности. Показано, что обработка свеклы антиоксидантами (например, гидрохиноном и пирокатехином) в период вегетации повышает устойчивость корнеплодов к гнилям, увеличивает их сахаристость, а также подавляет их прорастание.

Антиоксиданты могут быть также использованы в качестве препаратов, регулирующих рост растений. Известные в настоящее время стимуляторы роста находят ограниченное применение, так как они либо дороги, либо экологически небезопасны. Антиоксиданты, не обладая мутагенной активностью и высокой токсичностью, могут оказаться наиболее пригодными для использования в ряде

областей сельскохозяйственного производства в качестве стимуляторов роста. И здесь необходимо напомнить проведенные нами исследования по антиоксидантной активности регулятора роста этаноламина [Пахомова, Гайсин, 2008].

В Институте химической физики синтезированы малотоксичные и удобные в применении антиоксиданты из класса оксипиридинолов и 3-оксипиридинов, проявляющие значительный эффект стимуляции. Эти соединения ускоряют рост, как надземной части растений, так и корней. Эффект стимуляции показан на разных модельных объектах и сельскохозяйственных культурах (в полевых условиях). Установлена возможность использования этих соединений для повышения всхожести семян растений после длительного хранения.

Интересными в практическом и теоретическом отношении являются работы по изучению роли природных антиоксидантов в эволюции растений, в частности в процессах приспособления к неблагоприятным условиям роста. Большая работа в этом направлении была проведена в Институте ботаники Академии наук Азербайджана и Азербайджанском госуниверситете. Получены данные об устойчивости экологически различных популяций растений и редких исчезающих видов в зависимости от содержания в них природных антиоксидантов, в частности  $\alpha$ -токоферола.

В 80-е годы 20 в. впервые появились интересные данные по использованию антиоксидантов для повышения устойчивости растений к экстремальным условиям среды: морозам, засухе, засоленности почвы. Так, было показано, что синтетические АО фенольной природы при испытании их в полевых условиях на озимой пшенице и томатах уменьшали содержание продуктов ПОЛ и повышали выживаемость растений при низких температурах. Обработка антиоксидантами посевов в неблагоприятных условиях засухи значительно повышала урожайность кукурузы.

Не вызывает сомнения, что для широкого внедрения в сельское хозяйство (в том числе растениеводство) могут быть использованы АО препараты, обладающие достаточно высокой биологической активностью, экологически безопасные, дешевые и легко доступные, а также удобные в применении. Практически всем этим требованиям соответствуют изучаемые нами и уже используемые в растениеводстве препараты ЖУСС, проявляющие выраженный антиоксидантный, стресс-лимитирующий и адаптогенный эффекты. Установлено, что это является одной из причин повышения устойчивости и урожайности сельскохозяйственных растений. Следует подчеркнуть, что препараты ЖУСС можно отнести к категории биоантиоксидантов, поскольку их компоненты не являются ксенобиотиками и входят в состав клеток и природных соединений (фосфолипидов мембран, ферментов и др.). Более того, они не только не обладают мутагенным действием, но и оказывают антимуtagenный эффект [Гайсин, Пахомова, 2016]. Не исключено, что при действии ЖУСС проявляется синергическое антиоксидантное действие биополимера этаноламина и микроэлементов – цинка, меди, железа и марганца, входящих в состав антиоксидантных протекторных ферментов клеток растений. Данные хелатные железо-, медь-, цинк-, марганец-содержащие микроудобрения, технология получения которых разработаны нами, проявляют выраженный защитный эффект на сельскохозяйственные растения не только в условиях засухи, жары, пониженной температуры и засоления, но и в условиях их комбинированного сочетания, в том числе и в экстремальных условиях произрастания 2010 года [Гайсин, Пахомова, 2016].

В последние годы ведется активный поиск эффективных антиоксидантов природного происхождения (биоантиоксидантов). Считается, что наиболее перспективными природными препаратами являются экстракты из растительного материала, например, из древесины, коры и хвои, экстракты из подорожника и др. Многие природные пигменты обладают ярко выраженной антиоксидантной

активностью. Одним из таких природных компонентов являются беталаины, которые можно эффективно извлекать из надземной части растений рода амарантовых [Горбунова и др., 2017]. При комплексной переработке древесины даурской лиственницы создан препарат «Лавитол» на основе дигидрокверцетина – мощнейшего природного антиоксиданта, повышающего устойчивость растений в стрессовых условиях существования [Удалов, 2017].

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о защитном действии антиоксидантов от поражений факторами, вызывающими повреждение клеток растений. Это позволяет говорить об антиоксидантах как перспективных защитных средствах растений в стрессовых условиях существования и требует продолжения скрининга подобных соединений, предпочтительно биоантиоксидантов.

#### Литература

Балалаева И.В. Изменение прооксидантно – антиоксидантного статуса хлоропластов гороха при действии стрессирующих факторов среды // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Н. - Новгород, 2004. – 24 с.

Брилкина А.А. Прооксидантно – антиоксидантное равновесие у растений при воздействии гипертермии и экзогенных фитогормонов // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Н. - Новгород, 2002. – 22 с.

Бурлакова Е.Б. Молекулярная биофизика клетки. Биоантиоксиданты // Рос. хим. жур. (Ж. рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2007. – Т. LI, №1. – С. 3–12.

Гайсин И.А., Пахомова В.М. Полифункциональные хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. – 316 с. 2-ое издание.

Горбунова Н.В., Евтеев А.В., Банникова А.В., Решетник Е.И. Перспективы использования продуктов комплексной переработки растениеводства в качестве источников получения антиоксидантов // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. № 2 (42). – С. 120.

Пахомова В.М. Основы фитострессологии. – Казань: Изд-во КГСХА, 1999 а. – 102 с.

Пахомова В.М. Модели стрессовых воздействий и общебиологические закономерности. Неспецифические и специфические характеристики ответной редукции клеток растений. – Казань: изд-во КГСХА, 1999 б. – 150 с.

Пахомова В.М. Неспецифический адаптационный синдром биосистем и общие закономерности реактивности клеток. – Казань: КГУ, 2000. – 180 с.

Пахомова В.М. Биология экстремального состояния растительных клеток. – Казань: КГУ, 2001. – 108 с.

Пахомова В.М., Гайсин И.А. Устойчивость и защита растений при оптимизации минерального питания. – Казань: Издательский дом «Меддок», 2008. – 212 с.

Удалов С. Природные консерванты против химических // Президент. – 2017. – № 1 (319). – С. 12.

Шаталов Д.О., Кедик С.А., Иванов И.С., Бирюлин С.И. Антиоксиданты, как перспектива снижения заболеваний системы кровообращения, возникающих по причине ухудшающейся экологической обстановки // Вестник МИТХТ. Серия: социально-гуманитарные науки и экология. – 2015. – № 3. – С. 52–58.

## APPLICATION OF ANTIOXIDANTS IN CROP PRODUCTION UNDER THE INFLUENCE OF STRESS FACTORS

V.M. Pakhomova, A.I. Daminova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan State Agrarian University”, Kazan, Russia, *pahomovav@mail.ru*

**Abstract.** The article summarizes own and literary data on the practical application of synthetic and natural antioxidants in crop production, including under the influence of stress factors of abiogenic and biogenic nature. Special attention is paid to the antioxidant effect of the polyfunctional chelate iron-, copper-, zinc-, manganese-containing micronutrients, designed by our own technology and exhibit a pronounced protective effect on agricultural crops not only in terms of drought, heat, low temperature and salinity, but also in terms of their combined action.

**Keywords:** *natural and synthetic antioxidants, protective effect, crop production*