

УДК: 581.19:577.121.7

О.В. Чебоненко\*, А.Ж. Амиркулова, А.К. Турсунова, А.Ш. Утарбаева  
 Институт молекулярной биологии и биохимии имени М.А. Айтхожина, г.Алматы, Казахстан  
 \*e-mail: olessjachebonenko@mail.ru

### Реакция проантиоксидантной системы растений картофеля на обработку гербицидом глифосатом

Изучали влияние гербицида глифосата на компоненты прооксидантной системы: накопление перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) и перекисное окисление липидов (ПОЛ) в растениях картофеля (*Solanum tuberosum L.*, сорт Тамаша). Установлено, что в основе ответных реакций растений на действие гербицида лежит возникновение окислительного стресса.

**Ключевые слова:** глифосат, гербицид, активные формы кислорода, окислительный стресс, перекись водорода, перекисное окисление липидов.

О.В. Чебоненко, А.Ж. Амиркулова, А.К. Турсунова, А.Ш. Утарбаева

### Глифосат гербицидімен өндеуге картоп өсімдігінің проантиоксиданттық жүйесінің реакциясы

Картоп өсімдігіндегі (*Solanum tuberosum L.*, Тамаша сорты) глифосат гербицидінің прооксиданттық жүйесінің құрамдас бөлігіне: сутегі асқын тотығының жинақталуы ( $H_2O_2$ ) және липидтердің сутегінің асқын тотығымен тотығуы әсері зерттелді. Гербицидтің әсеріне өсімдіктің жауап реакциясы негізінде тотықтырғыш стресстің пайда болатындығы анықталды.

**Түйінді сөздер:** глифосат, гербицид, оттегінің белсенді түрлері, тотықтырғыш стресс, сутегі асқын тотығы, липидтердің сутегінің асқын тотығымен тотығуы.

O.V. Chebonenko, A.Z. Amirkulova, A.K. Tursunova, A.Sh. Utarbaeva

### Proantioxidant reaction system for processing plant potatoes glyphosate herbicide

Studied the effect of the herbicide glyphosate on the components of the system prooxidation: accumulation of hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and lipid peroxidation (LPO) in potato (*Solanum tuberosum L.*, Tamasha grade). It is established that the basis of the response reactions of plants to the action of the herbicide is the occurrence of oxidative stress.

**Keywords:** glyphosate, herbicide, reactive oxygen species, oxidative stress, hydrogen peroxide, lipid peroxidation.

Ксенобиотики – чужеродные соединения, индуцирующие в растениях разнообразные ответные реакции, приводящие к повреждению и гибели. Часто в основе первичных реакций растительной клетки на действие ксенобиотиков лежит возникновение окислительного стресса – быстрая и временная продукция активированных форм кислорода (АФК) [1].

Образование АФК в клетке происходит постоянно и является обычным метаболическим процессом. АФК принимают участие в защитных реакциях и служат вторичными посредниками в передаче сигналов. Однако при неблагоприятных воздействиях, например, при действии ксенобиотиков, происходит чрезмерное накопление АФК, в частности перекиси водорода ( $H_2O_2$ ), что может приводить к серьезным функциональным нарушениям, поскольку повреждаются различные компоненты клеток [2]. Примером является инициирование перекисного окисления липидов (ПОЛ), вследствие чего происходят физиологические изменения на уровне всей клетки [3]. Процессам ПОЛ принадлежит существенная роль в регуляции метаболизма мембранных липидов, изменении физико-химических свойств и проницаемости биологических мембран в физиологических условиях. При усилении окислительных процессов в клетке образуется избыток продуктов ПОЛ, что может нарушить целостность и физические свойства мембран [4].

Гербициды представляют класс ксенобиотиков, которые обычно используются для управления ростом и воспроизведением нежелательной растительности. Это структурно неоднородная группа, оказывающая неблагоприятное действие после проникновения в растение. При выращивании растений на средах, содержащих высокие концентрации гербицидов, наблюдается подавление прорастания семян, замедление роста корня и побега, хлороз, нарушение физиологических функций [5]. Однако механизмы действия гербицидов, принадлежащих к различным группам, существенно разнятся, и неизвестно, все ли гербициды оказывают одни и те же оксидативные эффекты на растения [6].

Глифосат относится к неспецифическим гербицидам, действующим после прорастания растений и широко используемым для уничтожения сорняков, как на сельскохозяйственных, так и на несельскохозяйственных землях [7]. Он используется повсюду, где требуется общий контроль над растительностью [8]. Глифосат проникает в растения, главным образом, через зеленые части, но может абсорбироваться коллоидами почвы и дальше поглощаться корнями растений [7]. Он способен легко перемещаться в другие части растения, предотвращая их рост. Имеются данные о влиянии глифосата на параметры окислительного стресса в растениях гороха, пшеницы и кукурузы [9, 10]. При этом наблюдается увеличение содержания МДА, продукта окисления липидов, и  $H_2O_2$ .

Целью данной работы была оценка влияния гербицида глифосата на биохимические параметры растений картофеля, связанные с развитием окислительного стресса.

#### Материалы и методы

Объектами исследований служили 2-х недельные пробирочные растения картофеля (*Solanum tuberosum L.*, сорт Тамаша), выращенные на агаризованной питательной среде, содержащей соли по прописи Murashige и Skoog и дополненной гормонами 2,4-Д (3 мг/л) и кинетином (1,0 мг/л) при постоянном освещении и температуре  $25 \pm 2^\circ C$ .

Для моделирования стрессового воздействия использовали различные концентрации гербицида глифосат (Ураган форте, производитель Сингента, Швейцария). Растения картофеля выдерживали корнями в растворах гербицида с разными концентрациями ( $2 \times 10^{-4}$ ,  $1 \times 10^{-4}$  (норма расхода в полевых условиях) и  $1 \times 10^{-5}$ % раствор). В качестве контроля использовали растения, выдержанные в дистиллированной воде. Через 3, 6, 24 и 48 часов определяли генерацию  $H_2O_2$  и интенсивность ПОЛ.

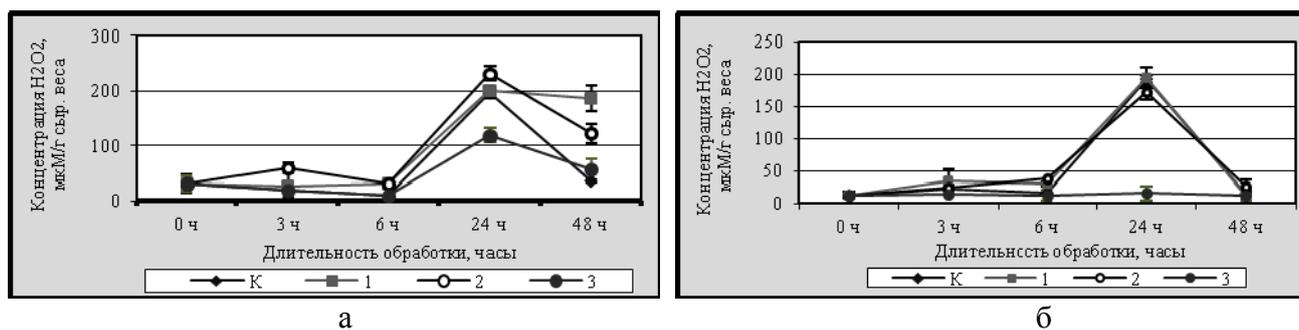
Определение содержания  $H_2O_2$ . Содержание  $H_2O_2$  определяли с использованием ксиленолового оранжевого по методу Gay [11]. Навеску растительного материала (0,2-0,3 г) замораживали в жидком азоте, растирали в фарфоровой ступке в 1,5 мл 0,05 М боратного буфера (рН 8,4), и центрифугировали 5 минут при 12000 g. Реакционная смесь содержала 0,2 мл супернатанта анализируемого образца, 1 мл 125 мкМ раствора ксиленолового оранжевого, содержащего 100 мМ сорбитола и 10 мкл раствора, содержащего 25 мМ  $(NH_4)_2SO_4$ , 25 мМ  $FeSO_4$  и 2,5 М  $H_2SO_4$ . Смесь перемешивали и инкубировали 30 минут при комнатной температуре. Оптическую плотность регистрировали при 560 нм против  $H_2O$ . Для количественных определений использовали калибровочную кривую, построенную с  $H_2O_2$ .

Определение интенсивности ПОЛ. Интенсивность ПОЛ анализировали по накоплению в клетках растений малонового диальдегида (МДА), определяемого по цветной реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой [12]. Для определения содержания МДА 0,3 г растительного материала гомогенизировали в 5 мл раствора выделения (0,1 М Tris- HCl буфер, рН 7,6, содержащего 0,35 М NaCl). К 3 мл гомогената добавляли 2 мл 0,5% раствора тиобарбитуровой кислоты в 20% трихлоруксусной кислоте. Пробирки кипятили в течение 30 минут на водяной бане, фильтровали и измеряли поглощение при 532 нм. Контролем служил раствор, состоящий из 3 мл среды выделения и 2 мл ТБК в ТХУ. Расчет концентрации МДА проводили по молярной экстинкции [12].

Все определения проводились в трех независимых опытах, состоявших из 3-х биологических повторностей, каждая из которых содержала 3 аналитических повторности. Данные представлены в виде средних значений и их стандартных ошибок.

#### Результаты и их обсуждение

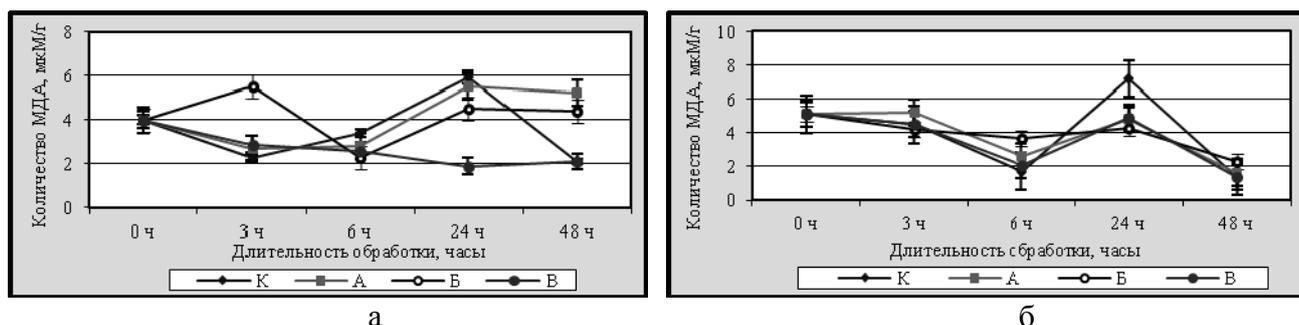
Характер изменения уровня  $H_2O_2$  и ПОЛ при обработке растений картофеля гербицидом глифосат зависел от длительности обработки и органа растений. Наблюдали повышение содержания  $H_2O_2$  в надземной части растений через 48 часов в концентрации  $1 \times 10^{-4}$ % (норма) в 3,4 раза и в концентрации  $2 \times 10^{-4}$ % (выше нормы в 2 раза) в 5,3 раза по сравнению с водным контролем, что может свидетельствовать о развитии окислительного стресса. Концентрация ниже нормы ( $1 \times 10^{-5}$ %) не повлияла на уровень  $H_2O_2$ . В корнях картофеля все 3 концентрации глифосата не дали достоверного эффекта (рисунок 1). Известно, что  $H_2O_2$ , генерирующаяся в стрессовых условиях, способна вызвать широкий спектр повреждений [13]. При этом одной из основных мишеней действия  $H_2O_2$ , как и других АФК, являются липиды.



К – контроль (вода), 1 -  $2 \times 10^{-4}\%$ , 2 -  $1 \times 10^{-4}\%$ , 3 -  $1 \times 10^{-5}\%$  растворы гербицида глифосат

**Рисунок 1** – Влияние глифосата на содержание H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в побегах (а) и корнях (б) растений картофеля

Проведенное исследование показало, что содержание МДА, являющееся продуктом ПОЛ, после обработки глифосатом в концентрации  $1 \times 10^{-4}\%$  в побегах повысилось через 3 и 48 ч., и в концентрации  $2 \times 10^{-4}\%$  - через 48 часов. В корнях достоверного эффекта ни одна концентрация не показала (рисунок 2). Через 24 часа наблюдали физиологическое увеличение H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и ПОЛ в надземной части и корнях контрольных растений, что может быть проявлением общей неспецифической защитной реакцией растительного организма на стресс в условиях проведения опыта.



К – контроль (вода), 1 -  $2 \times 10^{-4}\%$ , 2 -  $1 \times 10^{-4}\%$ , 3 -  $1 \times 10^{-5}\%$  растворы гербицида глифосат

**Рисунок 2** – Влияние глифосата на уровень ПОЛ в побегах (а) и корнях (б) растений картофеля

Таким образом, гербицид глифосат индуцирует реакцию окислительного стресса у растений картофеля, что связано с изменением H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и ПОЛ. Это изменение четко выражено в побегах картофеля, достоверно не влияло на окислительный статус корней, и зависело от длительности обработки гербицидом.

#### Литература

- 1 Apel K., Hirt H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction // *Annu. Rev. Plant Biol.* - 2004. - V.55. - P.373-399.
- 2 Gechev T.S., Van Breusegem F., Stone J.M. Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses programmed cell death // *Bioessays.* - 2006. - Vol.28. - P.1091-1092.
- 3 Владимирова Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. - М.: Наука. - 1972.
- 4 Барабой В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // *Успехи современной биологии.* - 1991. - Т.111. - Вып.6. - С.923-932.
- 5 Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г. Современные проблемы изучения гербицидов // *Агрохимия.* - 2010. - №7. - С.73-91.
- 6 Hassan N.M., Alla M.M.N. Oxidative stress in Herbicide - Treated Broad Bean and Maize Plants // *Acta Physiol. Plant.* - 2005. - V.27. - P.429-438.
- 7 Cox C. Herbicide Factsheet: Glyphosate (Roundup) // *J. Pest. Ref.* - 1998. -V.18. - P.3-17.
- 8 Cobb A. Herbicides and Plant Physiology. - London: Chapman & Hall, 1992. - 241 p.
- 9 Miteva L., Tsoneva J., Ivanov S., Alexieva V. Alterations of the Content of Hydrogen Peroxide and Malondialdehyde and the Activity of Some Antioxidant Enzymes in the Roots and Leaves of Pea and Wheat Plants Exposed to Glyphosate // *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci.* - 2005. - V.58. - P.733-738.

- 10 Sergiev I., Alexieva V., Ivanov S., Moskova I., Karanov E. The Phenylurea Cytokinin 4PU-30 Protects Maize Plants against Glyphosate Action // Pest. Bioch. Physiol. - 2006. - V.85. - P.139-146.
- 11 Gay C., Collins J., Gebicki J.M. Hydroperoxide Assay with the Ferric – Xylenol Orange Complex // Analytical Biochemistry. - 1999. - V.273. - P.149-155.
- 12 Жиров В.К., Мерзляк М.Н., Кузнецов Л.В. Перекисное окисление мембранных липидов холодостойких растений при повреждении отрицательными температурами // Физиология растений. - 1982. - Т.29. - С.1045-1052.

УДК 542.913'547.314'547.823'631.8

С.А. Шоинбекова\*, О.Т. Жилкибаев, **Н.Б. Курманкулов**, С.К. Сандыбаева, Н.Б. Сарсенбаева  
 Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан  
 \*e-mail: [sshozbekova@mail.ru](mailto:sshozbekova@mail.ru)

### Оценка рострегулирующей активности синтезированных ароматических аминокислот на рост пшеницы

В работе приведены результаты биологического скрининга новых регуляторов роста растений, синтезированных на основе ароматических аминокислот на рострегулирующую активность пшеницы. Из синтезированных 12 производных, три соединения показали высокую рострегулирующую активность в концентрации 0,0001%. Установлено, что соединения ЖОТ-3, ЖОТ-4 и ЖОТ-7 повышают биометрические показатели растений пшеницы, оказывают сильную корнеобразующую и водоудерживающую способность. Наибольшей активностью обладает препарат ЖОТ-4.

**Ключевые слова:** регуляторы роста растений, ароматические пропаргиловые пиперидолы, химические средства защиты растений, фитогормоны, биоскрининг, пшеница.

С.Ә. Шойынбекова, О.Т. Жылқыбаев, **Н.Б. Құрманқұлов**, С.Қ. Сандыбаева, Н.Б. Сәрсенбаева  
**Синтезделген ароматты аминокиспирттердің бидай өсуіне әсерін бағалау**

Мақалада жаңа ароматты аминокиспирттердің негізінде синтезделген өсімдіктердің өсуін реттегіштердің биологиялық скринингінің нәтижелері келтірілді. Алынған 12 туындылардың үшеуі 0,0001% концентрациясында өсімдіктердің өсуінің реттейтін жоғары белсенділік көрсетті. ЖОТ-3, ЖОТ-4 және ЖОТ-7 қосылыстары бидай өсімдігінің биометриялық көрсеткіштерін, суды ұстау қабілетін жоғарылататыны және өсімдіктердің тамыр жүйесін қалыптастыратындығы анықталды. Жоғары бесенділікке ие ЖОТ-4 препараты.

**Түйіндік сөздер:** өсімдіктердің өсуін реттегіштері, ароматты аминокиспирттер, өсімдіктерді қорғайтын химиялық қосылыстар, фитогормондар, биоскрининг, бидай.

S.A. Shoinbekova, O.T. Zhilkibaev, **N.B. Kurmankulov**, S.K. Sandybaeva, N.B. Sarsenbaeva

### Evaluation growth regulations activity of the synthesized aromatic amino alcohol on growth of wheat

The paper presents the results of the biological screening of new plant growth regulators synthesized on the basis of aromatic amino alcohols on the growth regulatory activity of wheat. 12 of the synthesized derivatives, three compounds showed high growth-regulatory activity at a concentration of 0,0001%. Found that compounds ZhOT-3, ZhOT-4 and ZhOT-7 increase wheat plants biometrics, have strong root-forming and the water-holding capacity. ZhOT-4 has the most activity.

**Keywords:** plant protection chemicals, aromatic amino alcohols, plant hormones, plant growth regulators, bioscreening, wheat.

Казахстан обладает огромным потенциалом для развития сельского хозяйства и обеспечения высокого уровня продовольственной безопасности. Одним из приоритетных направлений научно-технического и социально-экономического развития Республики является производство сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых, которое по значимости занимает лидирующее место. Устойчивое и эффективное развитие сельского хозяйства и агропромышленного комплекса (АПК) возможно лишь при условии снижения себестоимости производства и повышения продуктивности зерна за счет внедрения инновационных технологий во все этапы его производства.

Наряду с методами биоинженерии, селекции и получения трансгенных растений, наиболее перспективным способом повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции является применение высокоэффективных синтетических регуляторов роста растений (РРР). Их использование направлено на получение экологически чистой продукции, повышение ее продуктивности, устойчивость агрокультур к различным болезням, вредителям и климатическим