

УДК 581.143.01/07:577.125

АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ РІЗНИХ ЕКОТИПІВ ЗА ДІЇ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ

Л.М. БАЦМАНОВА, Н.С. ГРУДІНА, В.О. СТОРОЖЕНКО, Н.Ю. ТАРАН,
М.М. МУСІЄНКО

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка
01033 Київ, вул. Володимирська, 64*

В умовах польового дослідження вивчали вплив пероксиду водню на активність супероксиддисмутази, каталази, розвиток процесів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ), вміст фотосинтетичних пігментів і продуктивність сортів озимої пшениці різних екотипів (Поліська 90 — лісостепового, Скала — степового). Рослини обробляли у фазу кушіння. Встановлено, що за дії пероксиду водню через 24 год після обробки інтенсифікувалися процеси ПОЛ, знижувалась активність антиоксидантних ферментів у обох сортів. У фазу цвітіння активність антиоксидантних ферментів збільшувалась як у рослин сорту Поліська 90, так і Скала, що пригнічувало розвиток ПОЛ. Обробка рослин пероксидом водню сприяла формуванню загальної неспецифічної стійкості рослин, підвищенню зернової продуктивності досліджуваних сортів озимої пшениці.

Ключові слова: озима пшениця, пероксид водню, пероксидне окиснення ліпідів, супероксиддисмутаза, каталаза, фотосинтетичні пігменти, продуктивність.

Сільськогосподарське виробництво у ХХІ ст., на думку фахівців [4], базуватиметься на нових принципах, основою яких є, зокрема, збереження навколишнього середовища від руйнації і забруднення, забезпечення підвищення врожайності у несприятливих умовах довкілля. Основними чинниками подальшого нарощування сільськогосподарської продукції будуть біологізація й екологізація рослинництва на основі керування потенціалом онтогенетичної і філогенетичної адаптації компонентів агроценозів [2]. Саме з цих причин нинішні селекційні програми розраховані на створення сортів різних типів за ступенем інтенсивності, а також із широкою пластичністю стосовно їхньої реакції на метеорологічні та агроекологічні чинники [5]. Перехід до адаптивного рослинництва стане можливим за умови, що сорти рослин максимально пристосуються до місцевих умов вирощування й ефективно використовуватимуть ресурси навколишнього середовища. Особливу увагу в адаптивному рослинництві приділяють здатності сортів протидіяти абіотичним і біотичним стресорам.

Одним зі шляхів вирішення порушених проблем може бути підвищення неспецифічної стійкості рослин, тобто загальних адаптивних механізмів за дії стресорів, що сприяє активуванню метаболізму рослинного організму і здатності адаптації до інших ймовірних стресових впливів [10]. Успіх таких пошуків багато в чому залежить від з'ясування біохімічних механізмів, покладених в основу адаптації. У практичному плані, на думку деяких авторів [4], надзвичайно цікава розробка технологій ке-

рування метаболічними процесами за адресної дії сигналів хімічного характеру. Високоєфективний вплив низьких концентрацій хімічних речовин можна пояснити їх регуляторною дією і розглядати як сигнали для перемикання фізіологічних процесів в організмі [3].

Останнім часом з'явилися підтвердження участі пероксиду водню в індукції окремих захисних реакцій рослин [11]. Ми показали, що обробка пшениці пероксидом водню оптимізує метаболічні процеси рослинного організму, стимулює розвиток адаптивних реакцій [8].

Метою нашої роботи було дослідження біохімічних механізмів індукованої стійкості рослин озимої пшениці в процесі онтогенезу в польових умовах, основою яких є активація пероксидом водню природних захисних реакцій на дію чинників довкілля.

Методика

Об'єктами досліджень були рослини озимої пшениці лісостепового (Поліська 90) і степового (Скала) екотипів, які вирощували у дрібноділянкових (10 м²) дослідках на полях Інституту землеробства УААН в умовах Українського Полісся на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах. Агротехніка вирощування загальноприйнята для зони.

З метою вивчення процесів формування неспецифічної стійкості двічі проводили позакореневу обробку дослідних рослин Н₂О₂ концентрацією 10⁻⁴ М з інтервалом у 3 доби, контрольні — обробляли дистильованою водою. Обприскували рослини навесні (фаза кущіння), коли товщина кутикулярного шару листків і стебел мала, що є передумовою проникнення діючої речовини. Витрата розчину Н₂О₂ на 1 м² становила 1 л. Через 24 год після обробки досліджували реакцію рослин на дію стресора, а в подальшу фазу онтогенезу (цвітіння) — ступінь адаптації рослин.

Пероксидне окиснення ендогенних ліпідів визначали в надосадовій рідині гомогенату рослинних тканин за утворенням одного з кінцевих продуктів пероксидації — малонового діальдегіду (МДА), вміст якого встановлювали за величиною екстинкції продукту його конденсації з тіобарбітуровою кислотою [1]. Вміст пігментів визначали спектрофотометричним методом [15].

Активність супероксиддисмутази (СОД) (КФ 1.15.1.1) знаходили за Чеварі та співавт. [9], активність каталази (КФ 1.11.1.6) — за Кумар [14]. Вплив Н₂О₂ на продукційний процес пшениці оцінювали за елементами структури урожаю. Визначали загальну кількість рослин і число продуктивних стебел на одиниці площі (шт/м²), число зернин у колосі (шт.), висоту рослини (см), масу 1000 зернин (г) [7]. Отримані результати обробляли методом варіаційної статистики [6].

Результати та обговорення

Згідно з результатами наших досліджень, дія Н₂О₂ концентрацією 10⁻⁴ М призводила до розвитку стресу як у рослин сорту Поліська 90, так і сорту Скала, який характеризувався накопиченням продуктів ПОЛ, зокрема МДА (рис. 1, а). Процеси ПОЛ інтенсивніше розвивалися у фотосинтезуючих тканинах рослин сорту Скала, де вміст МДА збільшувався на 28 %, що пригнічувало активність антиоксидантних ферментів: активність СОД зменшилась на 76 % (рис. 2, а), каталази — на 26 % (рис. 3, а). У дослідних рослин сорту Поліська 90 вміст МДА зріс на 17 % (див.

АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ РАСТЕНЬ

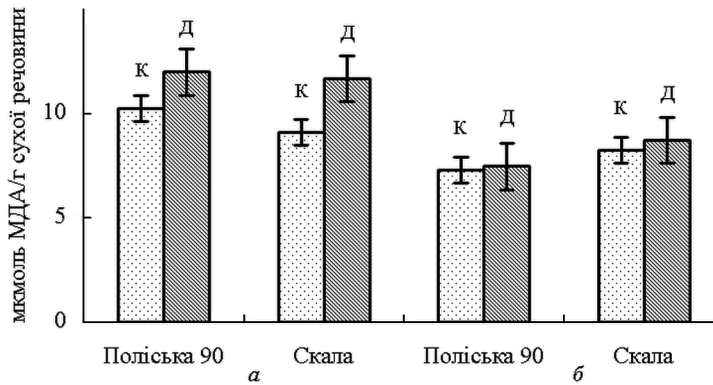


Рис. 1. Вміст МДА у листках пшениці після обробки її пероксидом водню через 24 год (а) та у фазу цвітіння (б). Тут і на рис. 2, 3:

К – контроль, Д – дослід

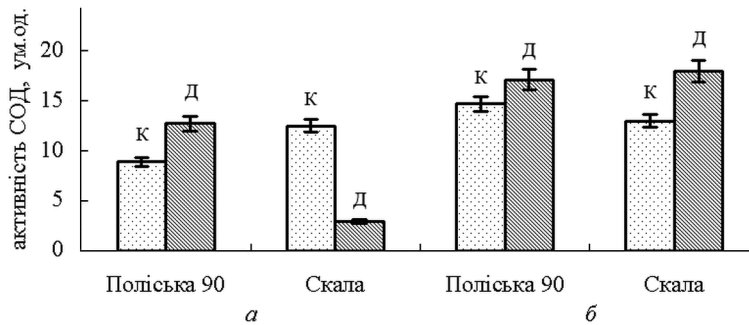


Рис. 2. Активність СОД у листках пшениці після обробки її пероксидом водню через 24 год (а) та у фазу цвітіння (б)

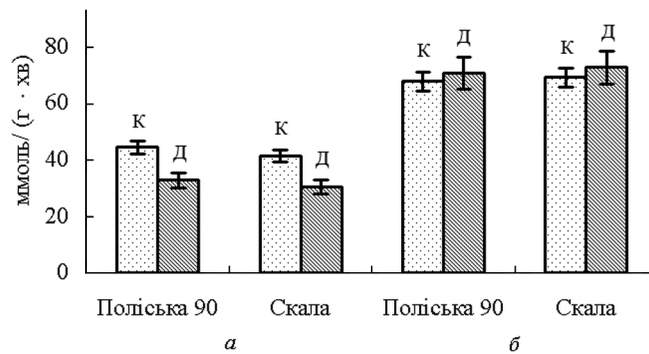


Рис. 3. Активність каталази у листках пшениці після обробки її пероксидом водню через 24 год (а) та у фазу цвітіння (б)

рис. 1, а), проте це не зменшило активності СОД. Більше того, рослини відповіли на завданий стрес підвищенням активності цього ферменту на 43 % (див. рис. 2, а). Активність каталази істотно знизилась (на 26 %) (див. рис. 3, а).

Слід зазначити, що розвиток стресу такої інтенсивності не вплинув на вміст хлорофілів *a* і *b* у дослідних сортів, проте кількість каротиноїдів у рослин сорту Поліська 90 зменшилась дещо сильніше, ніж у сорту Скала (рис. 4, а). Як відомо, дія певних стресових чинників, зокрема H_2O_2

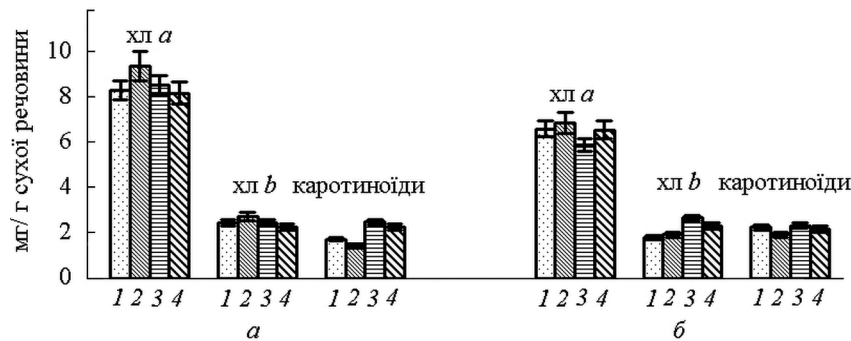


Рис. 4. Вміст пігментів у листках пшениці після обробки її пероксидом водню:

a — через 24 год; *б* — у фазу цвітіння; 1 — Поліська 90, контроль; 2 — Поліська 90, дослід; 3 — Скала, контроль; 4 — Скала, дослід

низьких концентрацій, приводить до формування неспецифічної підвищеної стійкості рослин і так званої перехресної адаптації [12]. Наприклад, у рослин, адаптованих до дії холоду і тепла, знижується чутливість до фотоінгібування [13].

Заслугове на увагу питання щодо тривалості періоду після дії стресора, протягом якого зберігається здатність до підвищеної стійкості. Слід зазначити, що у фазу виходу в трубку спостерігалась природна посуха, яка виявилася додатковим абіотичним стресовим чинником. Встановлено, що у фазу цвітіння процеси пероксидації у дослідних рослин зменшились, а їх рівень відповідав контрольним варіантам (див. рис. 1, б). Підвищений рівень активності СОД і відновлення активності каталази в обох сортів є підставою для припущення, що пероксид водню концентрацією 10^{-4} М відіграє роль індуктора формування загальної неспецифічної стійкості рослин внаслідок активації ендогенних захисних систем (див. рис. 2, б, 3, б).

Вірогідної відмінності між контрольними і дослідними варіантами за вмістом пігментів у цю фазу онтогенезу ми не спостерігали (див. рис. 4, б).

Оскільки пероксид водню впливав на процеси, пов'язані із загальною неспецифічною стійкістю рослин обох сортів, ми припустили його позитивний вплив і на їх продукційний процес. Згідно з аналізом отриманих результатів (таблиця), пероксид водню не вплинув на морфометричні показники рослин досліджуваних сортів, проте маса 1000 зернин у дослідних рослин сорту Поліська 90 збільшилась на 9 %, у рослин степового еко типу сорту Скала — на 13 %.

Відомо, що стратегія адаптації рослин за дії оксидативного стресу, індукованого пероксидом водню, спрямована на підтримання окисно-відновного гомеостазу, що реалізується за допомогою низки фізіологічних механізмів. Зокрема, пероксид водню викликає експресію багатьох захисних генів [11], що приводить до формування індукованої стійкості, яка є тимчасовою фенотипною стійкістю і тому — неспецифічною. Так, екзогенне застосування низьких концентрацій H_2O_2 (~10 мМ) індукувало накопичення осмопротектора гліцинбетаїну в листках ячменю [17], підвищувало солестійкість проростків рису внаслідок активації антиоксидантних ферментів та експресії транскриптів так званих стрес-генів, які кодують сахарозофосфатсинтазу, піролін-5-карбоксилатсинтазу, білок теплового шоку 26 [17].

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ

Елементи структури врожаю сортів озимої пшениці за дії перексиду водню

Варіант	Висота рослин, см	Зернин у колосі, шт.	Маса 1000 зернин, г	Урожай, ц/га
Поліська 90				
Контроль	93,0 ± 1,9	41,1 ± 0,9	41,4 ± 0,9	52,0 ± 1,8
Дослід	98,0 ± 1,6	42,2 ± 0,8	45,4 ± 0,7	56,0 ± 1,6
Скала				
Контроль	73,3 ± 0,3	31,3 ± 0,8	30,1 ± 1,1	43,2 ± 0,9
Дослід	78,0 ± 0,3	33,0 ± 0,5	34,3 ± 1,2	46,7 ± 1,2

Отже, результати проведених досліджень засвідчили, що обробка рослин озимої пшениці як лісостепового, так і степового екотипів перексидом водню концентрацією 10^{-4} М на початку вегетації сприяла їхній адаптації до стресових чинників довкілля та підвищенню зернової продуктивності.

Роботу виконано за фінансової підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України (грант № Ф 25/136-2008).

1. Андреева Л.И., Кожемякин Л.А., Кишкун А.А. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лаб. дело. — 1988. — № 11. — С. 41—43.
2. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). — М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. — Т. 1. — 780 с.
3. Ковалев В.М. Совершенствование способов регуляции физиолого-биохимических процессов и метаболизма живых организмов // С.-х. биология. — 2001. — № 1. — С. 13—18.
4. Котеров А.Н., Никольский А.В. Молекулярные и клеточные механизмы адаптивного ответа у эукариот // Укр. биохим. журн. — 1999. — 71, № 3. — С. 13—23.
5. Лифенко С.П. Досягнення в селекції пшениці озимої м'якої // Вісн. аграр. науки. — 2000. — № 12. — С. 15—16.
6. Маслов Ю.И. Установление степени достоверности (значимости) различий между сериями измерений // Методы биохим. анализа растений. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. — С. 415—424.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. — М., 1971. — Вып. 1. — 169 с.
8. Таран Н.Ю., Бацманова Л.М., Грудіна Н.С. та ін. Вплив перексиду водню на зернову продуктивність рослин озимої пшениці в умовах Полісся // Вісн. аграр. науки. — 2008. — № 9. — С. 21—25.
9. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах // Лаб. дело. — 1985. — № 11. — С. 678—681.
10. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. — Уфа: Гилем, 2001. — 160 с.
11. Foyer C.H., Noctor G. Redox homeostasis and antioxidant signaling. A metabolic interface between stress perception and physiological response // Plant Cell. — 2005. — 17, N 5. — P. 1866—1876.
12. Gong M., Chen B., Li Z.G., Guo L.H. Heat shock-induced cross adaptation to heat, chilling, drought and salt stresses in maize seedlings and involvement of H₂O₂ // J. Plant Physiol. — 2001. — 158. — P. 1125—1130.
13. Krause G.H. The role of oxygen photoinhibition of photosynthesis // Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defence System in Plants / Eds. C.H. Foyer, P.M. Millenaux. — Boca Raton: CRC Press, 1994. — P. 43—76.
14. Kumar C.N., Knowles N. Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free-radical scavenging enzyme during aging and sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) seed-tubers // Plant Physiol. — 1993. — 102. — P. 115—124.
15. Porra R.J., Thompson W.A., Kriedemann P.E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equation for assaying chlorophyll a and b with four different solvents: veri-

- fication of the concentration of chlorophyll by atomic absorption spectroscopy // *Biochim. Biophys. Acta.* — 1989. — **975**. — P. 384—394.
16. *Scandalios J.G.* Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses // *Braz. J. Med. and Biol. Res.* — 2005. — **38**, N 7. — P. 995—1014.
17. *Uchida A., Takabe T., Jagendorf T.* Induction of biosynthesis of osmoprotectants in higher plants by hydrogen peroxide and its application to agriculture // *Abiotic Stress Tolerance in Plants* / Eds. K.Rai Ashwani, Teruhiro Takabe. — Printed in the Netherlands: Springer, 2006. — P. 153—159.

Отримано 18.12.2008

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТИПОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Л.М. Бацманова, Н.С. Грудина, В.А. Стороженко, Н.Ю. Таран, Н.Н. Мусиенко

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

В условиях полевого опыта исследовали влияние пероксида водорода на активность супероксиддисмутазы, каталазы, интенсивность процессов пероксидного окисления липидов (ПОЛ), содержание фотосинтетических пигментов и продуктивность сортов озимой пшеницы различных экотипов (Полесская 90 — лесостепного, Скала — степного). Растения обрабатывали в фазу кущения. Установлено, что под действием пероксида водорода через 24 ч после обработки интенсифицировались процессы ПОЛ, снижалась активность антиоксидантных ферментов у растений обоих сортов. В фазу цветения активность антиоксидантных ферментов увеличивалась как у растений сорта Полесская 90, так и Скала, что угнетало развитие ПОЛ. Обработка растений пероксидом водорода способствовала формированию общей неспецифической устойчивости растений, повышению зерновой продуктивности исследуемых сортов озимой пшеницы.

ADAPTIVE REACTIONS OF DIFFERENT ECOTYPES OF WINTER WHEAT PLANTS UPON HYDROGEN PEROXIDE ACTION

L.M. Batsmanova, N.S. Grudina, V.O. Storozhenko, N.Ju. Taran, M.M. Musienko

Taras Shevchenko Kyiv National University
64 Volodymyrska St., Kyiv, 01033, Ukraine

The influence of hydrogen peroxide on superoxide dismutase and catalase activity, lipid peroxidation, photosynthetic pigments content and grain productivity of winter wheat cultivars (Poliska 90 — forest steppe ecotype, Scala — steppe ecotype) under field experiment conditions was investigated. The plants were treated at fase of tillering. It was found, that lipid peroxidation process intensity was increased after hydrogen peroxide treatment (24 h exposition) in both cultivars. At the phase of flowering antioxidative enzymes activity was increased in these cultivars that retarded lipid peroxidation. Hydrogen peroxide treatment of plants enhanced grain productivity.

Key words: winter wheat, hydrogen peroxide, lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, photosynthetic pigments, productivity.