

6	217,0	80,7	0,15	аналізуючий
7	80,0	128,2	0,001	нівелюючий
8	81,7	134,1	-0,001	нівелюючий
9	52,9	103,2	-0,004	нівелюючий

Варіанса взаємодії “генотип x середовище” була найвищою у сухі роки за оптимального режиму зрошення (середовища № 2,3, табл. 1). Також значна взаємодія генотипу та екоградієнту спостерігалась у варіантах без зрошення. Проте, прогнозованість була позитивною на суходолі тільки у вологий 2004 рік (середовище № 7, табл. 1), а у сухі роки прогнозованість була від’ємною, що вказує на зміну рангів гібридів у богарних умовах.

При екоградієнті, який забезпечує рівень врожайності 60-80 ц/га, потенціал більшості гібридів знаходиться на межі розкриття. Оптимізація агрофону призводить до росту врожайності понад 120 ц/га у гібридів з генотиповими задатками високої врожайності і відриву їх від гомеостатичних. При зниженні фону нижче 50 ц/га проходить зміна рангів гібридів, що може привести до хибних висновків при доборах високоврожайних гібридів.

Висновки

Найбільш сприятливими фонами для добору генотипів кукурудзи різних груп стиглості та прогнозованою реакцією на технологічне забезпечення є умови оптимального режиму зрошення у роки, що характеризуються середніми (типовими) показниками кількості опадів та температури повітря у період вегетації. Визначено гомеостатичні гібриди, які характеризуються слабкою реакцією на зміни умов вирощування і забезпечують стабільні врожаї при погіршенні умов.

Література

1. *Лавриненко Ю.А., Гудзь Ю.В.* Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. – Херсон: Борисфен-полиграфсервис. – 1997. – 170 с.
2. *Олешко О.Г.* Адаптивна характеристика гібридів кукурудзи, створених за участю лінії ДК 633//266-112 // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2003. – №21-22. – С. 65-69.
3. *Кильчевский А.В., Хотылева Л.В.* Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. // Генетика. — 1985. — Т. XXI, № 9. — С. 1481-1497.

Резюме

Наиболее благоприятными фонами для отбора генотипов кукурузы определенных групп спелости с прогнозированной реакцией на технологическое обеспечение являются условия оптимального режима орошения в годы, характеризующиеся средними (типичными) показателями количества осадков и температуры воздуха в период вегетации.

Найбільш сприятливими фонами для добору генотипів кукурудзи певних груп стиглості та прогнозованою реакцією на технологічне забезпечення є умови оптимального режиму зрошення у роки, що характеризуються середніми (типовими) показниками кількості опадів та температури повітря у період вегетації.

The study singles out homeostatic, high-plastic and medium-plastic hybrids characterized by an adequate reaction to changes in growing conditions.

МАЙОР П.С., Захарова В.П., Великожон Л.Г.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України,

ЗМІНА ВМІСТУ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ ТА АКТИВНОСТІ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ І КАТАЛАЗИ У РОСЛИНАХ РІЗНИХ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ПРИ ЗАГАРТУВАННІ

Температурні умови є одним із факторів, що можуть негативно впливати на ріст, розвиток і продуктивність сільськогосподарських культур. У літературі накопичено значний матеріал щодо дії на рослини екстремальних температур. Стійкість рослин до низьких від'ємних температур (морозостійкість) пов'язана зі здатністю, зокрема, озимих злаків, переносити довготривалий вплив від'ємних температур у стані припинення росту і глибокого спокою [5]. Морозостійкість – генетична ознака, яка проявляється лише за певних обставин. У природних умовах формування у рослинному організмі здатності переносити морози здійснюється задовго до їх настання. Одним із чинників, який викликає адаптивні перебудови у рослинах в процесі загартування, є зниження температури до низьких позитивних значень. В основі набуття морозостійкості рослинами знаходяться структурні та фізіолого-біохімічні зміни, обумовлені як специфічними, так і неспецифічними реакціями на екстремальні умови [4, 11].

Відомо, що продукція активних форм кисню є важливим компонентом загальної відповіді клітин на різні стресові чинники зовнішнього середовища. Встановлено, що активні форми кисню, такі як супероксидний аніон і пероксид водню, відіграють важливу роль у метаболізмі рослин, передачі сигналів та захисті клітин [10, 12]. Підтримання стаціонарного фізіологічно нормального рівня вільнорадикальних процесів в клітині забезпечується функціонуванням складної та високоспецифічної антиоксидантної системи, що включає низькомолекулярні речовини та ферменти [8, 13–16, 18, 19]. До найважливіших ферментів антиоксидантного захисту належать супероксиддисмутаза (СОД; КФ 1.15.1.1), каталаза (КФ 1.11.1.6), пероксидаза (КФ 1.11.1.7), аскорбатпероксидаза (КФ 1.11.1.11), які інактивують супероксидний аніон-радикал та пероксид водню. Для встановлення ролі антиоксидантних ферментативних систем у формуванні і реалізації холодо- і морозостійкості запропоновано кілька підходів [9, 13, 15, 16, 18, 19], у т.ч. із застосуванням генно-інженерних методів. Нашими попередніми дослідженнями [3] встановлено, що при проходженні першої фази загартування (при +3°C) у листках рослин відбувається деяке зростання вмісту продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ), причому така активація ПОЛ спостерігається переважно у менш морозостійких сортів. Зниження температури до –3°C супроводжувалось зменшенням інтенсивності ПОЛ. При загартуванні відмічено зростання активності як гваякол-, так і аскорбатпероксидази, причому відносно контролю активність пероксидаз збільшувалась більшою мірою у морозостійких сортів. Метою даної роботи було дослідити зміни вмісту пероксиду водню та активності СОД і каталази у рослинах при загартуванні та з'ясувати роль цих антиоксидантних ферментів у формуванні морозостійкості різних генотипів озимої пшениці.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження слугували зелені рослини озимої пшениці 12 сортів озимої пшениці, що відрізняються за морозостійкістю: Миронівська 808, Крижинка, Київська 7, Подолянка, Альбатрос одеський, Безоста 1, Донська напівкарликова, Експромт, Циганка, УК364, УК384, УК324. Рослини вирощували на сірому лісовому супіщаному ґрунті у пластмасових ящиках за штучного освітлення з 10-годинним фотоперіодом. Після появи третього листка рослини витримували 7–10 діб у термостатованій камері за температури +15°C (контроль). Загартовування рослин проводили при +2°C протягом тижня (1 фаза) та при –3°C протягом трьох діб (2 фаза). Після цього температуру знову підвищували до +2°C, при якій рослини витримували три доби (умови ремісії).

Температуру у камері для досягнення необхідних значень змінювали поступово зі швидкістю 2°C/год.

Для досліджень відбирали другий листок з 2–4 рослин п'яти варіантів: контроль, на друга і сьома доба першої фази загартування, третя доба другої фази загартування та третя доба ремісії при +2°C. У зразках із застосуванням спектрофотометричних методів визначали вміст пероксиду водню [17], активність СОД [6] та каталази [2]. Повторність дослідів 3–6-кратна. Дані експериментів оброблені статистично [1]. Рослини озимої пшениці, які вирощували у вегетаційному будиночку, після загартування у природних умовах осінньо-зимового періоду проморожували у камері низьких температур та після подальшого відрощування визначали морозостійкість сортів за часткою живих рослин.

Результати та обговорення

Досліджувані сорти належать до різних груп морозостійкості: від високої до нижче середньої, сорти з низькою морозостійкістю у даній роботі не використовували. Були підібрані такі умови загартування і проморожування зразків, коли частка живих рослин кожного сорту після проморожування становила від 15% до 90%. Цей показник був використаний у якості оцінки рівня морозостійкості сортів при визначенні коефіцієнтів кореляції.

Як показали результати експериментів активності ферментів каталази і супероксиддисмутази і вміст пероксиду водню можуть досить суттєво відрізнятися між сортами. Найбільша міжсортова варіабельність досліджуваних показників спостерігалась при проходженні рослинами другої фази загартування та в умовах ремісії при підвищенні температури від негативних значень до позитивних. У контрольному варіанті розмах між максимальним і мінімальним значенням по загальній виборці генотипів був найнижчим. Такі сортові відмінності переважно не зберігались між варіантами, що свідчить про їх випадковий характер. Тому для характеристики змін, які відбуваються у рослинах при загартуванні та ремісії, у більшості випадків правомірним є використання середніх значень досліджуваних показників для усього набору сортів.

Встановлено, що на другу добу загартування у листках рослин усіх досліджуваних сортів озимої пшениці відбувалось зростання активності каталази у середньому на 25%, зміни активності СОД та вмісту пероксиду водню у листках недостовірні (таблиця). Подальше витримування рослин за низької позитивної температури супроводжувалось поверненням активності каталази до початкового рівня, активність СОД в середньому залишалась на рівні контролю, а вміст пероксиду водню зростав в середньому на 58%. У контрольному варіанті відзначена незначна негативна кореляція між вмістом пероксиду водню у листках рослин та морозостійкістю сорту. Такий самий зв'язок відмічено між активністю СОД та морозостійкістю, активність каталази у контрольних рослинах слабо позитивно корелює з цим показником. Після двох діб витримування рослин при +2°C кореляція між активністю ферментів у листках та морозостійкістю сортів відсутня. На початку загартування дещо зростає негативна кореляція між вмістом пероксиду у листках і морозостійкістю, але сила цього зв'язку недостовірна (на 95%-ному рівні значимості). Наприкінці першої фази загартування, коли вміст пероксиду у листках зростає більше ніж наполовину, кореляція між цим показником і морозостійкістю стає позитивною ($r=0,342$). Більш тісно ($r=0,505$) корелюють між собою активність СОД та морозостійкість. Якщо проаналізувати залежність між морозостійкістю та відносними (до контролю) величинами вмісту пероксиду й активністю СОД, отримаємо більші значення коефіцієнтів кореляції – 0,467 і 0,759 відповідно. Останній коефіцієнт свідчить про значиму (на 99%-ному рівні) кореляцію між морозостійкістю сорту та відносною (до контролю) активністю СОД після семи діб загартування при низькій позитивній температурі. Це є відображенням того, що активність СОД у морозостійких сортів в кінці першої фази відносно

контролю загартування зростала, тоді як у менш морозостійких сортів знижувалась (у середньому ж для всіх сортів вона залишалась на рівні контрольного варіанта).

Таблиця

Вміст пероксиду водню й активність каталази і СОД у рослинах та коефіцієнти кореляції цих показників з морозостійкістю досліджуваних сортів озимої пшениці при загартуванні

Показник	Варіант				
	контроль (+15°C)	1 фаза загартування (+2°C), 2 доби	1 фаза загартування (+2°C), 7 діб	2 фаза загартування (-3°C), 3 доби	ремісія (+2°C), 3 доби
Середнє відносно контролю, %					
Вміст пероксиду водню	100	104	158	225	303
Активність каталази	100	125	99	136	140
Активність СОД	100	96	101	208	245
Коефіцієнт кореляції (<i>r</i>) з морозостійкістю					
Вміст пероксиду водню	-0,289	-0,469	0,342	-0,328	-0,229
Активність каталази	0,367	0,073	-0,021	-0,071	0,385
Активність СОД	-0,276	0,023	0,505	0,031	-0,505

Після трьох діб витримування загартованих рослин за температури -3°C відбувалось більш ніж двократне зростання відносно контрольного варіанту вмісту пероксиду водню та активності СОД у листках, активність каталази зростала у досліджуваних сортів лише на 36% від контрольного рівня. Зв'язок між цими показниками та морозостійкістю сортів у даному варіанті не спостерігався, лише для вмісту пероксиду водню відзначено слабку негативну залежність ($r=-0,328$). Повернення температурного режиму до низьких позитивних значень (+2°C) супроводжувалось на третю добу ще більшим зростанням вмісту пероксиду водню, активність ферментів залишалась приблизно на тому ж рівні, що й наприкінці другої фази загартування. Кореляція даних показників з морозостійкістю сортів характеризувалась майже такими ж коефіцієнтами, що й у контролі, і лише активність СОД у цьому варіанті більш тісно негативно корелювала з морозостійкістю ($r=-0,505$). Отримані нами дані дещо розходяться з результатами, наведеними у роботі [9], в якій повідомлялося про деяке зростання коефіцієнта кореляції до $r=0,631$ між морозостійкістю й активністю каталази у листках загартованих рослин порівняно до контролю ($r=0,249$). Як повідомили дослідники, активність каталази у листках при загартуванні знижувалась, наші ж результати свідчать про відсутність впливу першої фази загартування на активність цього ферменту. На нашу думку, причиною таких розходжень є використання у цитованій роботі не лише генотипів озимої пшениці, а й інших культур з високою та низькою морозостійкістю.

Висновки

Таким чином, дослідження динаміки вмісту пероксиду водню та активності антиоксидантних ферментів СОД і каталази у рослинах озимої пшениці 12 сортів, що належать до трьох груп морозостійкості (висока, середня і нижче середньої) показало, що з другої фази загартування відбувається монотонне зростання цих показників. Для

пероксида водню відмічено збільшення його вмісту в листках уже наприкінці першої фази загартування. Повернення температури з від'ємних до низьких позитивних значень призводило до трикратного порівняно з контролем зростання вмісту пероксида у листках, активність СОД зростала майже у 2,5 рази, тоді як активність каталази – менш ніж наполовину. Менша, порівняно із СОД, активація каталази в умовах загартування може свідчити про меншу участь цього ферменту в адаптивних перебудовах за дії знижених температур. Найбільшу кореляцію з морозостійкістю виявлено для відносної щодо контролю активності СОД після семи діб першої фази загартування. Це дозволяє пропонувати даний показник для оцінки морозостійкості генотипів озимої пшениці.

Література

1. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. *Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г., Токарев В.Е.* Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–18.
3. *Майор П., Захарова В., Великожон Л.* Вміст пероксида водню та активності пероксидази і каталази у рослинах озимої пшениці при загартуванні // Онтогенез рослин в природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти: III Міжнародна конференція (4–6 жовтня 2007 р., Львів, Україна). – Львів, 2007. – С. 158.
4. *Майор П.С., Захарова В.П., Великожон Л.Г.* Дослідження накопичення проліну і цукрів у генотипів озимої пшениці, що відрізняються за рівнем морозостійкості // Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології. Збірник наукових праць. – Київ: Логос, 2007. – Т. 1. – С. 121–128.
5. *Трунова Т.И.* Физиологические и биохимические основы адаптации растений к морозу // С.-х. биология. – 1984, № 6. – С. 3–10.
6. *Чевари С., Чаба И., Секей Й.* Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах // Лабораторное дело. – 1985. – № 11. – С. 678–681.
7. *Baek K.-H., Skinner D.Z.* Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near isogenic wheat lines // Plant Science. – 2003. – **165**. – P. 1221–1227.
8. *Couee I., Sulmon C., Gouesbet G.* Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants // J. Exp. Bot. – 2006. – **57**, N 3. – P. 449–459.
9. *Janda T., Szalai G., Rios-Gonzalez K. et al.* Correlation between frost tolerance and antioxidant activities in cereals // Acta Biologica Szegediensis. – 2002. – **46**, N 3–4. – P. 67–69.
10. *Hancock J.T., Desikan R., Neill S.J.* Role of reactive oxygen species in cell signalling pathways // Biochem. Soc. Trans. – 2001. – **29**. – P. 345–350.
11. *Hughes M.A., Dunn M.A.* The molecular biology of plant acclimation to low temperature // J. Exp. Bot. – 1996. – **47**, N 296. – P. 291–305.
12. *Hung S.-H., Yu C.-W., Lin C.H.* Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants // Bot. Bull. Acad. Sin. – 2005. – **46**. – P. 1–10.
13. *Kuk Y.I., Shin J.S., Burgos N.R. et al.* Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice // PlantsCrop Sci. – 2003. – **43**. – P. 2109–2117.
14. *Noctor G., Foyer C.H.* Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1998. – **49**. – P. 249–279.
15. *Matsumura T., Tabayashi N., Kamagata Y. et al.* Wheat catalase expressed in transgenic rice can improve tolerance against low temperature stress // Physiologia Plantarum. – 2002. – **116**, N 3. – P. 317–327.
16. *McKersie B.D., Bowley S.R., Jones K.S.* Winter survival of transgenic alfalfa overexpressing superoxide dismutase // Plant Physiology. – 1999. – **119**. – P. 839–847.

17. *Sagisaka S.* The occurrence of peroxide in a perennial plant, *Populus gelrica* // *Plant Physiol.* – 1976. – **57.** – P. 308–309.
18. *Scebba F., Sebastiani L., Vitagliano C.* Changes in activity of antioxidative enzymes in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings under cold acclimation // *Physiol. Plant.* – 1998. – **104.** – P. 747–752.
19. *Soltész A, Kocsy G., Szalai G. et al.* Comparison of the antioxidant capacity in cold-treated recombinant wheat lines // *Acta Biologica Szegediensis.* – 2005. – **49,** N 1–2. – P. 117–119.

Резюме

Встановлено, що у рослинах озимої пшениці в процесі загартування відбувається збільшення вмісту пероксиду водню та зростання активності супероксиддисмутази і каталази. Активність останнього ферменту збільшується меншою мірою, ніж активність супероксиддисмутази. Найбільша активація цих ферментів та збільшення вмісту пероксиду водню відзначені при проходженні рослинами другої фази загартування та при подальшому підвищенні температури до низьких позитивних значень.

Установлено, что в растениях озимой пшеницы в процессе закаливания происходит увеличение содержания пероксида водорода и повышение активности супероксиддисмутази и каталазы. Активность последнего фермента возрастает в меньшей степени, чем активность супероксиддисмутази. Наибольшая активация этих ферментов и увеличение содержания пероксида водорода отмечены при прохождении растениями второй фазы закаливания и при последующем увеличении температуры до низких положительных значений.

It was shown that the increase in the level of hydrogen peroxide and in activities of catalase and superoxide dismutase occurs in winter wheat plants during cold acclimation. Superoxide dismutase exhibited more significant increase in the activity compared to catalase. The activation of these enzymes and the content of hydrogen peroxide in plants were highest during second phase hardening and the following return of temperature to subzero values.

МАМЕДОВА А.Д., МАМЕДОВА Н.Х., ГАСАНОВА Г.И.

Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана,

Азербайджан, AZ 1106, Баку, пр. Азадлыг 155, e-mail: Naila.Xurshud@yahoo.com

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА ВИДА *G.hirsutum* L. К БИОТИЧЕСКИМ И АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Вид хлопчатника *G.hirsutum* L. наиболее распространен в культуре. Первоначальный ареал естественного произрастания этого вида – территория Мексики. Из всего производимого в мире хлопкового волокна на долю *G.hirsutum* L. приходится примерно 70%. Важнейшие хозяйственные признаки у различных сортов этого вида имеют следующие показатели: скороспелость (число дней от посева до начала созревания) от 100 до 155 и более, крупность коробочек (масса хлопка-сырца в коробочке) от 3 до 12 г и более, выход волокна от 25 до 42-45%.

Районы возделывания этого вида значительно различаются по климату и ряду других особенностей. Культура его ведется в орошаемых и богарных условиях при весьма различной обеспеченности атмосферными осадками, в тропической полосе и за ее пределами, доходя в обоих полушариях до самых крайних географических широт хлопкового поля земного шара [4].