

kernel *Alternaria* on its quality indicators.

Key words: winter wheat, *Alternaria*, protein, gluten, kernel, fungi, damage, susceptibility.

Рецензент: Троценко В.І.

УДК 632.954:633.15

ОКИСНО-ВІДНОВНА АКТИВНІСТЬ ВЕГЕТАТИВНИХ ОРГАНІВ РОСЛИН НАСТУПНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЗА ПІСЛЯДІЇ ГЕРБІЦИДНОЇ ОБРОБКИ

Г. С. Россихіна-Галича, м.н.с., НДІ біології

Ю. В. Лихолат, д.б.н., професор

О. А. Яценко, магістр

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

У листках проростків кукурудзи, вирощених із зібраних в оброблених гербіцидами агроценозах, встановлено посилення активності антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза), накопичення ТБК-активних продуктів для гібриду Кадр 267МВ та зниження їх вмісту для гібриду Оржиця 237МВ. Виявлений комплекс метаболічних змін оцінений як прояв післядії гербіцидів.

Ключові слова: кукурудза, гербіциди, післядія, окиснювальний стрес, пероксидне окиснення ліпідів, антиоксидантні ферменти.

Постановка проблеми. На сьогоднішній час відомо, що культурні рослини не належать до цільових об'єктів дії гербіцидів. Проте в умовах агроценозу зазнають їх фітотоксичного впливу, який супроводжується змінами росту й розвитку рослин, функціонування фотосинтетичного апарату [1], різноспрямованими порушеннями фізіологічних процесів [2], інтенсифікацією процесів ліпопероксидації [3] й коливаннями активності захисних ферментів [4], змінами структури врожаю та якості зерна [5]. Відзначено, що не зважаючи на широкий спектр діючих речовин та механізмів дії гербіцидів різних класів, їх проникнення у рослинні клітини спричинює виникнення та розвиток окисного стресу. Дослідженнями останніх років показано наявність ознак індукованого окиснювального стресу у цілому ряду оброблених гербіцидами культурних рослин, зокрема, за обробки гліфосатом у проростках гороху [6], за дії галоксифоп-метилу у меристемі коренів кукурудзи [7], за впливу гербіциду гранстар у листках пшениці, жита та кукурудзи [8], за обробки препаратів харнес, фронт'єр, мерлін у рослинах кукурудзи [3]. Зареєстровані також віддалені наслідки впливу гербіцидів – похідних галоїдфеноксикислот, які проявляються у змінах геному відзначені у роботі В. П. Деевої [9], похідних сульфонілсечовини й ауксиноподібних препаратів на окисно-відновну рівновагу [10]. Проте ефекти післядії обробки посівів препаратами інших класів вивчені недостатньо.

Відомо, що вміст продуктів ПОЛ є чутливим індикатором інтенсивності дії стресових чинників на рослинні організми. Ці сполуки здатні взаємодіяти із вільними аміногрупами білків, компонентами фосфоліпідів, ініціювати появу в мембранах етилену і порушувати окисно-відновний гомеостаз організму [11, 12]. Підтримку процесів ПОЛ на необхідному і одночасно безпечному для клітин

рівні забезпечує багатокомпонентна антиоксидантна система захисту, до складу якої входять ферментативні (супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, пероксидази) компоненти. Існує припущення, що антиоксиданти – критичні компоненти захисту рослин від окисного стресу, тобто від їх стану залежить подальша доля клітин і тканин за стресового впливу [12].

У даній роботі ми мали на меті вивчити у необроблених гербіцидами рослинах кукурудзи другої генерації особливості накопичення прооксидантів, функціонування ферментів антиоксидантного захисту, які характеризують ефекти післядії гербіцидної обробки материнських рослин в агроценозах.

Вихідний матеріал, методика та умови проведення досліджень. Об'єктами дослідження були проростки кукурудзи (*Zea mays* L., гібриду Кадр 267МВ, Оржиця 237МВ), вирощені з насіння, зібраного в агроценозах, оброблених гербіцидами у таких дозах: амінна сіль 2,4-Д – 1,0 л/га; естерон – 0,8 л/га; базагран – 3,0 л/га; камбіо – 2,5 л/га; харнес – 2,5 л/га + діален С – 2,5 л/га; аденго – 1,0 л/га; стелар – 1,25 л/га. Контрольне насіння збирали в необроблених гербіцидами агроценозах. Зерно кукурудзи пророщували на дистильованій воді протягом 7 діб за лабораторних умов і природному освітленні, з усереднених зразків листків і коренів проростків отримували рослинні екстракти, які центрифугували 20 хвилин при 16000 об./хв., після чого в супернатантах визначали показники з використанням фотоелектроколориметра КФК-2МП.

Уміст ТБК-активних продуктів визначали за [13] і виражали в нмоль/хв×г сирової ваги. Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за рівнем гальмування процесу відновлення нітросинього тетразолію (НСТ) в присутності НАДН і феназинметасульфату згідно з [14]. Активності

пероксидази (ПО) оцінювали за методом [15]. Каталазну активність (КАТ) визначали титриметричним методом [16]. Статистичну обробку результатів, отриманих у триразовій повторності, здійснено за допомогою пакету Microfoft Statistica 6.0. Розбіжності між вибірками вважали значущими при $p \leq 0,05$.

Результати досліджень. У результаті дослідження інтенсивності перебігу реакцій ПОЛ у листках проростків кукурудзи гібриду Кадр 267МВ

встановлено, що вміст ТБК-активних продуктів (ТБКАП) достовірно збільшений у разі післядії ауксиноподібних препаратів (амінна сіль 2,4-Д і естерон) в 1,5 і 1,9 рази відповідно. У варіанті обробки посівів комбінованими гербіцидами діален С і камбіо досліджуваний показник перевищував контроль в 1,5 і 1,3 рази; інгібітором транспорту електронів (базагран) в 1,2 рази. Деяку іншу тенденцію відзначено для проростків кукурудзи гібриду Оржиця 237МВ (рис. 1).

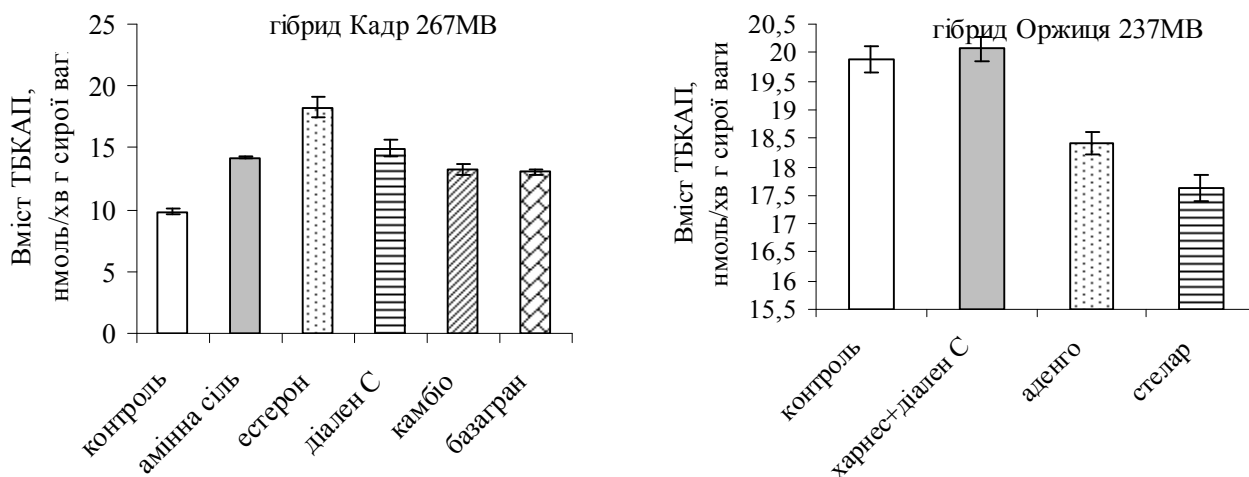


Рис. 1. Зміни вмісту ТБК-активних продуктів у листках проростків кукурудзи, вирощених з насіння материнських рослин, оброблених гербіцидами (різниця вірогідна при $p < 0,05$)

Зареєстроване зменшення інтенсивності процесів окиснення ліпідів у листках проростків кукурудзи Оржиця 237МВ слід розцінювати як наявність у рослин наступної генерації ефектів післядії гербіцидів. Очевидно, певною мірою вказані ефекти могли бути обумовлені змінами інтенсивності функціонування системи антиоксидантного захисту. На користь зробленого припущення свідчить зафіксоване Н. О. Хромих із співавторами зниження накопичення продуктів ПОЛ і посилення активності антиоксидантних ферментів у листках пшениці сорту Землячка за післядії гербіцидів [10].

У листках дослідних проростків кукурудзи Кадр 267МВ виявлено суттєві відмінності рівнів активності антиоксидантних ферментів у порівнянні з контролем (рис. 2). Найбільш виражених

зміни зазнав рівень активності СОД в усіх дослідних проростках (в 1,7–3,4 рази більше контролю), що має вказувати на інтенсифіковані процеси дисмутації супероксидних аніонів та утворення перекису водню у клітинах проростків кукурудзи даного гібриду. При цьому зміни активності ферментів, які знешкоджують перекис водню, були також значними. Каталазна активність в усіх варіантах зростала порівняно з контролем у середньому в 2,2–2,9 рази, найбільшим чином внаслідок післядії базаграну та амінної солі 2,4-Д, ділену С. Пероксидазна активність у листках дослідних проростків кукурудзи перебільшувала контрольний рівень в 1,4 і 1,5 рази у варіанті післядії препаратів амінна сіль 2,4-Д, естерон, базагран; в 1,8 – 2,4 рази за впливу камбіо й ділену С.

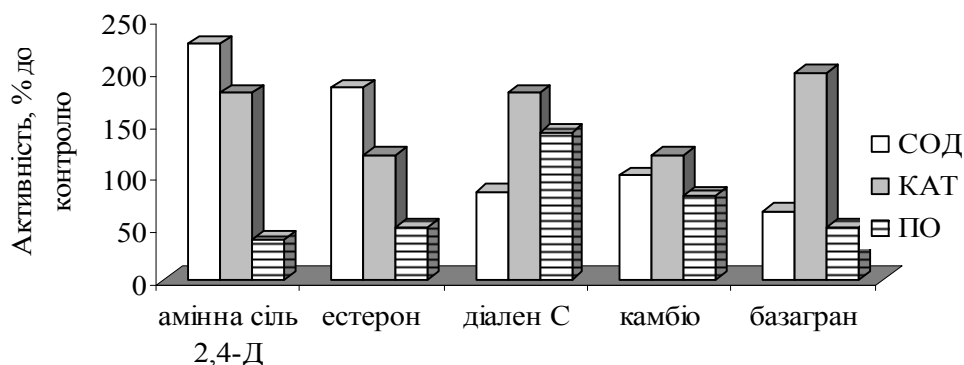


Рис. 2. Зміни активності супероксиддисмутази (СОД), каталази (КАТ), пероксидази (ПО) у листках проростків кукурудзи гібриду Кадр 267МВ, вирощених з насіння материнських рослин, оброблених гербіцидами

Подібну тенденцію зафіксовано і для проростків кукурудзи гібриду Оржиця 237МВ (рис. 3). Активність СОД змінювалась відповідно накопиченню продуктів ПОЛ. Понижений вміст ТБКАП забезпечувався високою активністю ферменту. За післядії двокомпонентного гербіциду стелар рівень активності перевищував контрольний зразок лише в 1,1 рази. Найбільш виражених змін

зазнав рівень активності СОД (в 2,5 рази більше контролю) за післядії трикомпонентного препарату аденго та бакової суміші харнес+діален С. Висока активність ферменту супроводжувалась інтенсифікацією функціонування каталази та пероксидази за післядії препарату стелар в 1,1 і 1,7 рази, аденго – в 1,9 і 1,9 рази, харнес+діален С – в 1,4 і 1,6 рази.

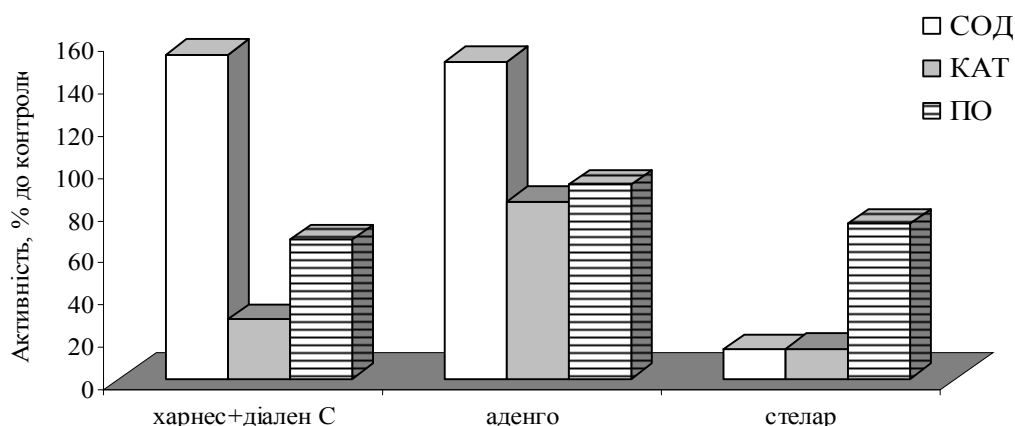


Рис. 3. Зміни активності супероксиддисмутази (СОД), каталази (КАТ), пероксидази (ПО) у листках проростків кукурудзи гібриду Оржиця 237МВ, вирощених з насіння материнських рослин, оброблених гербіцидами

Кореляційний аналіз результатів досліджень дозволив установити, що узгоджене функціонування антиоксидантних ферментів СОД, КАТ і ПО, яке притаманне контрольним проросткам кукурудзи, у дослідних проростках внаслідок післядії однокомпонентних гербіцидів естерон, базагран порушувалось незначним чином, про що свідчили високі коефіцієнти кореляції показників активності (відповідно для вказаних гербіцидів $r=0,97$; $0,98$). Внаслідок післядії полікомпонентних препаратів аміна сіль 2,4-Д, діален С, стелар, аденго у дослідних проростків також виявлено несуттєве зниження коефіцієнту кореляції між рівнями активності антиоксидантних ферментів ($r=0,96$; $r=0,95$; $r=0,96$; $r=0,95$).

Висновки. Для молодих тестових рослин кукурудзи, вирощених з насіння, зібраного в оброблених гербіцидами агроценозах, характерний різний рівень окисних процесів (накопичення ТБКАП у гібрида Кадр 267МВ та уповільнення реакцій ПОЛ у гібрида Оржиця 237МВ), що ймовірно обумовлено генотипом кожного з організмів. При цьому післядії гербіцидної обробки проявилась в інтенсивному функціонуванні ключових ферментів антиоксидантного захисту (СОД, каталази, пероксидази) у рослин наступного покоління. Це підтверджує вище зроблене припущення, згідно якого рослини наступної генерації мають високий адаптивний потенціал.

Список використаної літератури:

1. Kopsell D. A. Leaf tissue pigments and chlorophyll fluorescence parameters vary among sweet corn genotypes of differential herbicide sensitivity / D. A. Kopsell, G. R. Armel, K. R. Abney, J. J. Vargas // *Pes. Biochem. and Physiol.* – 2011. – Vol. 99, № 2. – P. 194–199.
2. Спиридонов Ю. Я. Современные проблемы изучения гербицидов (2006-2008) / Ю. Я. Спиридонов, С. Г. Жемчужин // *Агротехника*. – 2010. – № 7. – С. 73–91.
3. Россихина Г. С. Вплив гербіцидної обробки на ліпопероксидацію і системи її регулювання в зерні кукурудзи / Г. С. Россихина, О. М. Вінниченко // *Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна*. – 2004. – Вип. 37. – С. 227–231.
4. Хромих Н. О. Вплив гербіцидів нового покоління на фізіолого-біохімічні показники насіння кукурудзи / Н. О. Хромих, Г. С. Россихина, В. В. Лашко // *Вісник Харківського національного аграрного ун-ту. Серія Біологія*. – 2011. – Вип. 3. – С. 50–55.
5. Матюха В. Л. Зміни структури врожаю та якості зерна пшениці озимої за гербіцидної обробки / В. Л. Матюха, Н. О. Хромих, Г. С. Россихина-Галича, В. В. Лашко // *Карантин і захист рослин*. – 2012. – № 12 (197). – С. 11–12.
6. Митева Л. П.-Е. Изменение пула глутатиона и некоторых ферментов его метаболизма в листьях и корнях растений гороха, обработанных гербицидом глифосатом / Л. П.-Е. Митева, С. В. Иванов, В. С. Алексеева // *Физиология растений*. – 2010. – Т. 57, № 1. – С. 139–145.

7. Паланиця М. П. Генерування активних форм кисню за дії грамініцидів і модифікаторів їх активності / М. П. Паланиця, В. В. Трач, Є. Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культ. растений. – 2009. – Т. 41, № 4. – С. 328–334.
8. Гарькова А. Н. Обработка гербицидом гранстар вызывает окислительный стресс в листьях злаков / А. Н. Гарькова, М. М. Русяева, О. В. Нуштаева, Ю. Н. Аросланкина, А. С. Лукаткин // Физиология растений. – 2011. – Т. 58, № 6. – С. 930–943.
9. Деева В. П. О последствии гербицидов – производных галоидфеноксикислот на культурные растения / В. П. Деева, Н. В. Санько // Физиология и биохимия культ. растений. – 1990. – Т. 22, № 6. – С. 523–531.
10. Хромих Н. О. Післядія гербицидної обробки на окисно-відновну активність та вміст хлорофілу у рослин пшениці наступної генерації / Н. О. Хромих, Г. С. Россихіна, Ю. В. Лихолат // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 20. Біологія. – 2013. – Вип. 5. – С. 81–88.
11. Россихина-Галича Г. С. Активность ферментов антиоксидантной защиты растений кукурузы, произрастающих в условиях гербицидной обработки / Г. С. Россихина-Галича, Ю. В. Лихолат, О. М. Винниченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 30–34.
12. Кордюм Е. Л. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / [Е. Л. Кордюм, К. М. Сытник, В. В. Бараненко и др.]. – К. : Наукова думка, 2003. – 270 с.
13. Мусієнко М. М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 200 с.
14. Переслегина И. А. Активность антиоксидантных ферментов слюны здоровых детей / И. А. Переслегина // Лабораторное дело. – 1989. – № 11. – С. 20–23.
15. Бояркин А. Н. Колориметрическое определение активности пероксидазы / А. Н. Бояркин // Биохимия. – 1961. – Т. 16, № 2. – С. 252 – 254.
16. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – М. : Колос, 1968. – 183 с.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ СЛЕДУЮЩЕЙ ГЕНЕРАЦИИ В ПОСЛЕДЕЙСТВИИ ГЕРБИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ

Г. С. Россихина-Галича, Ю. В. Лихолат, Е. А. Яценко

В листьях проростков кукурузы, выращенных из семян, собранных в обработанных гербицидами агроценозах, установлено возрастание активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза), накопление ТБК-активных продуктов для гибрида Кадр 267 МВ и снижение их содержания для гибрида Оржица 237 МВ. Определенный комплекс метаболических изменений оценен как проявление последствие гербицидов.

Ключевые слова: кукуруза, гербициды, последствие, окислительный стресс, пероксидное окисление липидов, антиоксидантные ферменты.

REDOX CHARACTERISTICS OF CORN SEEDLINGS VEGETATIVE ORGANS NEXT GENERATION AFTER HERBICIDE TREATMENT

H.S. Rossykhina-Galycha, Yu.V. Lykholat, O. A. Yatsenko

The enhancement of antioxidant enzymes activity (superoxide dismutase, catalase, peroxidase) and TBAA products accumulation were observed in leaves of hybrid Kadr 267MB corn seedlings which were grown from seeds from herbicide-treated agrocenosis. These parameters were decreased in Orzhytsa 237MB seedlings under the same conditions. Such set of metabolic changes is marked as residual effect of herbicides treatment.

Key words: corn hybrids, herbicides, residual effect, oxidative stress, lipids peroxide oxidation, antioxidant enzymes.

Надійшла до редакції: 05.03.2015.

Рецензент: Жатова Г.О.