

УДК 633.15:632.954:631.811.98

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.10>

ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДУ «БАТУ», В.Г. ТА РІСТРЕГУЛЯТОРА «РЕГОПЛАНТ» НА РЕАКЦІЇ ПЕРОКИСНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ І АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ КЛАСУ ОКСИДОРЕДУКТАЗ

Заболотний О.І. – к.с.-г.н., доцент кафедри біології,

Уманський національний університет садівництва

Заболотна А.В. – к.с.-г.н., старший викладач кафедри

технології зберігання плодів та овочів,

Уманський національний університет садівництва

Вирощування високих врожаїв кукурудзи нині неможливе без застосування гербіцидів. Однак надходження діючих речовин гербіцидів до організму рослин кукурудзи викликає стрес, що призводить до утворення у рослині активних форм кисню, які ушкоджують структуру мембран та макромолекул, що в підсумку негативно впливає на продуктивність культури. Пристосування рослин до стресових умов внаслідок дії гербіцидів здійснюється за участі компонентів ферментативної системи захисту, зокрема ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази та поліфенолоксидази).

Завданням наших досліджень було визначення інтенсивності проходження реакції перокисного окиснення ліпідів та вивчення динаміки активності ключових антиоксидантних ферментів (каталази, пероксидази та поліфенолоксидази) у листках рослин кукурудзи за внесення гербіциду «Бату», в.г. та рістрегулятора «Регоплант».

Встановлено, що на третю добу після внесення гербіциду у нормах 15, 20, 25 і 30 г/га інтенсивність реакцій ПОЛ у рослинах кукурудзи зроста порівняно з контрольним варіантом і становила відповідно 16,0; 19,6; 25,0 і 30,4 мкмоль МДА/г сирої речовини. За внесення гербіциду «Бату», в.г. у досліджуваних нормах у комплексі з рістрегулятором «Регоплант» спостерігалось певне сповільнення активності проходження реакції ПОЛ проти варіантів досліді з окремим використанням гербіциду, хоча даний показник і перевищував контрольний варіант.

Визначення активності ферментів показало, що за дії 15, 20, 25 і 30 г/га «Бату», в.г. без «Регопланту» активність каталази зроста порівняно з контролем без препаратів відповідно у 1,28; 1,35; 1,41 та 1,31 раза; активність пероксидази – відповідно у 1,19; 1,25; 1,28 та 1,22 раза та активність поліфенолоксидази відповідно у 1,09; 1,15; 1,23 та 1,25 раза. За комплексного застосування гербіциду «Бату», в.г. з «Регоплантом» спостерігалось подальше зростання активності досліджуваних ферментів порівняно з окремим застосуванням гербіциду.

Ключові слова: кукурудза, гербіцид, «Бату», в.г., стрес, пероксидне окиснення ліпідів, активність, ферменти.

Zabolotniy O.I., Zabolotna A.V. The effect of applying herbicide Batu, WG and growth regulator Regoplant on the peroxidation reactions of lipids and enzymes activity the class of oxidoreductases

At present, growing high yields of maize is impossible without the use of herbicides. However, the supply of active substances of herbicides to the body of maize plants causes stress, which leads to the formation of active forms of oxygen in the plant, which damage the structures of membranes and macromolecules, which ultimately has a negative impact on crop productivity. Adaptation of plants to stress conditions owing to the action of herbicides is carried out with the participation of the components of the enzymatic system of protection, in particular enzymes of the class of oxidoreductase: catalase, peroxidase and polyphenoloxidase.

The aim of our research was to determine the intensity of the reaction of lipid peroxidation and to study the dynamics of the activity of key antioxidant enzymes (catalase, peroxidase and polyphenoloxidase) in the leaves of maize plants for the application of the herbicide Batu, W.G. and the regulator of growth Regoplant.

It is established that on the third day after the application of the herbicide at a rate of 15; 20; 25 and 30 g/ha, the intensity of LP reactions in maize plants increased compared to the control variant and respectively was 16.0; 19.6; 25.0 and 30.4 $\mu\text{mol MDA/g}$ of crude material. Under the application of herbicide Batu, WG in the studied norms, in combination with the regulator of growth Regoplant, there was a certain slowdown in the activity of the transmission of LP reactions against variants of the experiment with separate use of herbicide, although this indicator exceeded the control variant.

Determination of enzyme activity showed that under the rates of 15; 20; 25 and 30 g/ha of Batu, W.G. without Regoplant, the activity of catalase increased compared to the control without preparations, respectively, by 1.28; 1.35; 1.41 and 1.31 times; peroxidase activity – respectively, by 1.19; 1.25; 1.28 and 1.22 times; and polyphenoloxidase activity respectively by 1.09; 1.15; 1.23 and 1.25 times. Under the complex application of the herbicide Batu with Regoplant there was a further increase in the activity of the enzymes in comparison with the individual application of the herbicide.

Key words: Maize, herbicide, Batu, WG, stress, lipid peroxidation, activity, enzymes.

Постановка проблеми. Кукурудза – одна з найбільш слабких рослин-конкурентів щодо бур'янів в агрофітоценозах. Вона пригнічує їх у 10 раз гірше, ніж озима пшениця, і в 3 рази гірше, ніж соняшник. Бур'яни проростають при порівняно низьких температурах і сходять раніше кукурудзи, а більш теплолюбні – одночасно з нею, тому вони розвиваються інтенсивніше і сильно пригнічують її на початкових фазах росту й розвитку, що спричиняє різке зниження продуктивності культури [1].

Тому кукурудза належить до культур, захист посівів яких від бур'янів за допомогою гербіцидів є одним із ключових елементів у технології вирощування [2]. До антропогенних чинників, які найбільше впливають на кукурудзу під час вегетації, належить саме застосування гербіцидів. Як згадувалося, сегетальна рослинність, особливо на ранніх етапах розвитку кукурудзи, є найбільш лімітуючим фактором у формуванні продуктивності культури [3–7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що надходження діючих речовин гербіцидів до організму рослин кукурудзи викликає стрес, що призводить до утворення у рослині активних форм кисню (АФК) типу пероксиду водню, синглетного кисню тощо, які продукуються внаслідок окисно-відновних реакцій та за рахунок ферментативного окиснення [8].

АФК реагують з білками, ліпідами, нуклеїновими кислотами, ушкоджуючи структури мембран та макромолекул. Це негативно впливає на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах та формування їхньої продуктивності [9].

Коли організму рослин не вдається знизити рівень у тканинах АФК, накопичення яких є проявом негативного впливу застосування гербіцидів, активується пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ), яке здатне порушити рівновагу в системі «прооксиданти – антиоксиданти» і супроводжується розвитком окисного стресу [10].

Пристаосування рослин до стресових умов внаслідок дії гербіцидів здійснюється за участі компонентів ферментативної системи захисту, зокрема ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази та поліфенолоксидази), адже їм належить суттєва роль у реакціях захисту рослин [11].

Так, каталазою та пероксидазою нейтралізується негативна дія АФК, в тому числі й H_2O_2 , шляхом розкладання його до води й кисню. Зниження концентрації фенольних сполук, вміст яких може зростати в тканинах за дії гербіцидів, каталізує поліфенолоксидаза [9].

Антиоксидантні компоненти захисних систем зв'язують вільні радикали, які здатні розвивати деструктивні окисні процеси, тому накопичення антиоксидантів

та підвищення їх активності сприяє інгібуванню деструктивних реакцій вільнорадикального окиснення [12].

Дослідженнями сумісного застосування гербіцидів і рістрегуляторів у посівах ячменю ярого [13], сої [14], пшениці озимої [15] та кукурудзи [16] встановлено, що внесення гербіцидів у посівах наведених культур викликає зростання інтенсивності проходження реакцій перокисного окиснення ліпідів (ПОЛ), тоді як комплексне внесення гербіцидів і рістрегуляторів сприяє зниженню активності реакцій ПОЛ. Це може свідчити про протекторні властивості рістрегулюючих речовин щодо культурних рослин за дії токсикантів.

Постановка завдання. У вирішенні питання пристосування рослин кукурудзи до негативного впливу гербіцидів, а також дії захисних механізмів при застосуванні даних токсикантів важливу роль має вивчення стану антиоксидантної системи рослин у стресовий і післястресовий періоди. Саме тому важливими завданнями наших досліджень було визначення інтенсивності проходження реакції ПОЛ та вивчення динаміки активності ключових антиоксидантних ферментів (каталази, пероксидази та поліфенолоксидази) у листках рослин кукурудзи за внесення страхового гербіциду «Бату», в.г. та рістрегулятора «Регоплант».

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили в польових і лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету садівництва на посівах кукурудзи гібриду Порумбень 359 МВ впродовж 2017–2019 рр. Гербіцид «Бату», в.г. у нормах 15, 20, 25 і 30 г/га та рістрегулятор «Регоплант» (50 мл/га) вносили у фазі розвитку кукурудзи 3–5 листків. Повторність досліду була триразовою. Грунт – чорнозем опідзолений важкосуглинковий, вміст гумусу в орному шарі – 3,2–3,3%.

Ступінь насиченості профілю ґрунту основами був у межах 89,8–92,5%, реакція ґрунтового розчину – середньо-кисла (рНксл 5,5), гідролітична кислотність – 1,93–2,26 смоль/кг ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирикова) – 120–132 мг/кг ґрунту, азоту і лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг ґрунту.

Гербіцид та рістрегулятор вносили обприскувачем ОГН–600 з витратою робочого розчину 200 л/га. Інтенсивність проходження реакцій ПОЛ у листках кукурудзи визначали за методикою нагромадження малонового діальдегіду у модифікації В.В. Рогожина [17]. Активність каталази, пероксидази та поліфенолоксидази у листках кукурудзи визначали за методиками, описаними Х.М. Починком [18].

Виклад основного матеріалу дослідження. Як вказувалося вище, застосування гербіцидів, які є антропогенними токсикантами, здатне активувати інтенсивність проходження реакцій перокисного окиснення ліпідів.

Нашими дослідженнями впродовж 20147–2019 рр. було встановлено, що інтенсивність проходження реакції ПОЛ, яку відстежували за накопиченням малонового діальдегіду, у рослинах кукурудзи була різною і змінювалася відповідно до норми застосування гербіциду як окремо, так і у комплексі з рістрегулятором «Регоплант» (рис. 1).

Так, зокрема, на третю добу після внесення гербіциду у нормах 15, 20, 25 і 30 г/га інтенсивність реакцій ПОЛ у рослинах кукурудзи зростала у порівнянні з контрольним варіантом і складала відповідно 16,0, 19,6, 25,0 і 30,4 мкМоль МДА/г сирової речовини. Зростання інтенсивності реакцій ПОЛ є реакцією рослинного організму на активне продукування АФК за дії токсиканту, яким виступає гербіцид.

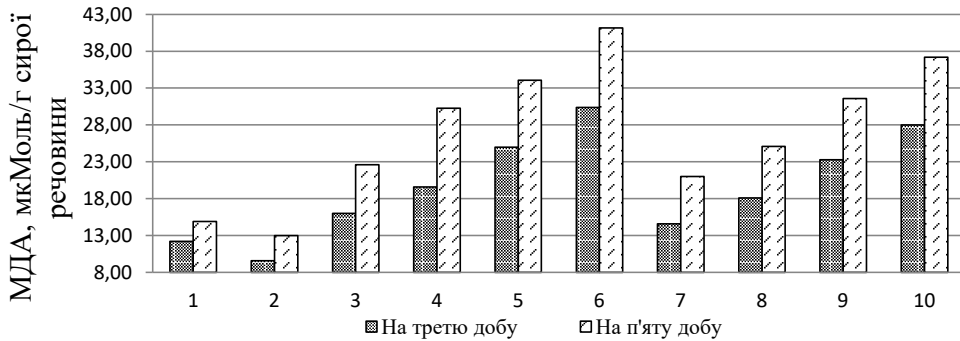


Рис. 1. Реакції ПОЛ у рослинах кукурудзи за внесення гербіциду «Бату», в.г. та рістрегулятора «Регоплант», середні показники протягом 2017-2019 рр.: 1) без препаратів (контроль); 2) «Регоплант» (50 мл/га); 3) «Бату», в.г. (15 г/га); 4) «Бату», в.г. (20 г/га); 5) «Бату», в.г. (25 г/га); 6) «Бату», в.г. (30 г/га); 7) «Бату», в.г. (15 г/га) + «Регоплант» (200 мл/га); 8) «Бату», в.г. (20 г/га) + «Регоплант» (200 мл/га); 9) «Бату», в.г. (25 г/га) + «Регоплант» (200 мл/га); 10) «Бату», в.г. (30 г/га) + «Регоплант» (50 мл/га)

За обробки посівів кукурудзи «Регоплантом» (50 мл/га) інтенсивність реакцій ПОЛ була нижчою порівняно з контрольним варіантом на 2,6 мкМоль МДА/г сирової речовини.

За внесення гербіциду «Бату», в.г. у досліджуваних нормах у комплексі з рістрегулятором «Регоплант» спостерігалось певне сповільнення активності проходження реакцій ПОЛ проти варіантів досліду з окремим використанням гербіциду, хоча даний показник і перевищував контрольний варіант відповідно на 2,4; 5,9; 11,1 та 15,8 мкМоль МДА/г сирової речовини. Проте ці дані були нижчими відповідно на 1,4; 1,5; 1,7 та 2,4 мкМоль МДА/г сирової речовини порівняно з варіантами застосування гербіциду без «Регопланту».

Визначення інтенсивності реакцій ПОЛ на п'яту добу після застосування препаратів виявило, що їх активність дещо зросла проти попереднього періоду, однак залежність від норми використання гербіциду як окремо, так і в комплексі з «Регоплантом» залишалася такою ж.

Зокрема, за сумісного внесення 15, 20, 25 і 30 г/га «Бату», в.г. з «Регоплантом» інтенсивність реакцій ПОЛ у рослинах кукурудзи перевищувала контроль відповідно на 6,1; 10,2; 16,7 та 22,3 мкМоль МДА/г сирової речовини, однак була нижчою порівняно з окремим застосуванням гербіциду на 1,6; 3,2; 2,5 та 3,0 мкМоль МДА/г сирової речовини.

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що застосування такого виду токсикантів, як гербіциди, у комплексі з рістрегуляторами сприяє зниженню активності реакцій ПОЛ порівняно із використанням гербіциду без регулятора росту, що може свідчити про протекторні властивості рістрегулюючих речовин.

Поряд із дослідженнями реакції рослин кукурудзи на дію гербіциду і рістрегулятора за накопиченням малонового діальдегіду ми досліджували зміну активності таких ключових ферментів класу оксидоредуктаз, як каталаза, пероксидаза та поліфенолоксидаза. Ці ферменти є частиною формування стійкості рослин до дії стресового фактору, яким у нашому випадку виступає гербіцид, адже вони активують процес біологічного окиснення в клітинах рослин завдяки перенесенню електронів з однієї молекули на іншу, що є визначальним у знешкодженні активних форм кисню.

Нами встановлено, що за дії 15, 20, 25 і 30 г/га «Бату», в.г. без «Регопланту» активність каталази зроста порівняно з контролем без препаратів відповідно у 1,28; 1,35; 1,41 та 1,31 раза, активність пероксидази – відповідно у 1,19; 1,25; 1,28 та 1,22 раза, активність поліфенолоксидази – відповідно у 1,09; 1,15; 1,23 та 1,25 раза (рис. 2).

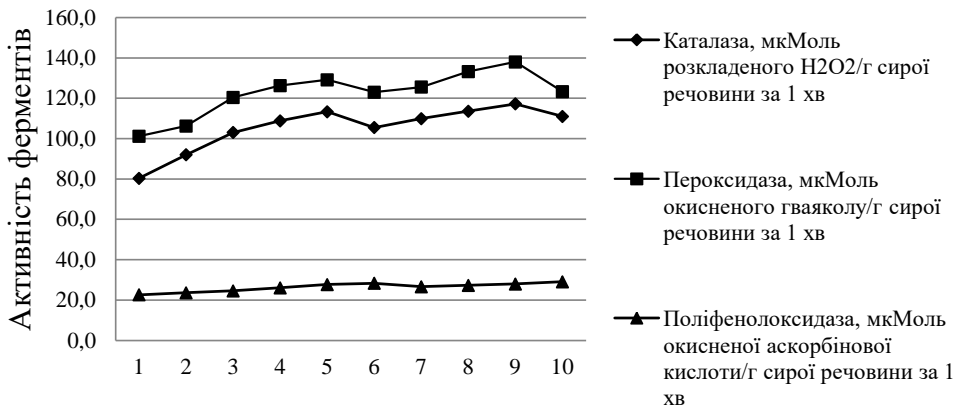


Рис. 2. Активність ферментів класу оксидоредуктаз на п'яту добу після застосування гербіциду «Бату», в.г. та рістрегулятора «Регоплант», середні показники за 2017-2019 рр.:

- 1) без препаратів (контроль); 2) «Регоплант» (50 мл/га); 3) «Бату», в.г. (15 г/га); 4) «Бату», в.г. (20 г/га); 5) «Бату», в.г. (25 г/га); 6) «Бату», в.г. (30 г/га); 7) «Бату», в.г. (15 г/га) + «Регоплант» (200 мл/га); 8) «Бату», в.г. (20 г/га) + «Регоплант» (200 мл/га); 9) «Бату», в.г. (25 г/га) + «Регоплант» (200 мл/га); 10) «Бату», в.г. (30 г/га) + «Регоплант» (50 мл/га)

За комплексного застосування гербіциду «Бату», в.г. з «Регоплантом» спостерігалось подальше зростання активності досліджуваних ферментів порівняно з окремим застосуванням гербіциду.

Зокрема, за внесення 15, 20, 25 і 30 г/га «Бату», в.г. у комплексі з «Регоплантом» порівняно з контрольним варіантом активність каталази зроста у 1,37; 1,41; 1,46 та 1,38 раза, активність пероксидази – у 1,24; 1,32; 1,36 та 1,22 раза, активність поліфенолоксидази – у 1,18; 1,21; 1,24 та 1,29 раза.

Зростання активності антиоксидантних ферментів за комплексного використання препаратів, крім необхідності знешкодження АФК, що утворилися внаслідок дії гербіциду, може свідчити про підвищення рівня метаболічних процесів у рослинах кукурудзи, що викликається дією рістрегулятора «Регоплант».

Висновки і пропозиції. Гербіцид «Бату», в.г., проникаючи до організму рослини кукурудзи, здатен викликати накопичення активних форм кисню (АФК). Це спричиняє пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ), яке виявляється у накопиченні малонового діальдегіду. Сумісне використання гербіциду з «Регоплантом» дещо послаблює токсичну дію ксенобіотика і сприяє зниженню вмісту МДА порівняно з окремим внесенням «Бату», в.г. на 1,6–3,0 мкмоль МДА/г сирої речовини. Також комплексне застосування препаратів сприяє підвищенню активності каталази, пероксидази та поліфенолоксидази, які відіграють провідну роль у розкладанні активних форм кисню у 1,18–1,46 рази швидше.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гербіциди для кукурудзи – ефективний захист посівів. URL: <http://uak.com.ua/gerbicidi-dlya-kukurudzi-efektivnij-zaxist-posiviv/>.
2. Petrychenko V., Borona V., Zadorozhny V. The problem of resistance and effective weed control in maize. *Herbologia*. 2005. № 6. P. 35–40.
3. Вінниченко О.М. Захисні механізми рослин за дії гербіцидів. *Наук. записки Терноп. нед. ун-ту. Серія «Біологія»*. 2002. № 3 (18). С. 90–92.
4. Вінниченко О.М. Метаболічна адаптація сільськогосподарських культур до дії гербіцидів. *Український біохімічний журнал*. 2002. Т. 74. №. С. 118–119.
5. Вінниченко О.М., Россихіна Г.С. Вплив ґрунтових гербіцидів на ріст та пероксидазну активність рослин кукурудзи гібридів Кадр 267 МВ, Хмельницький 280 СВ, Білозерський 295 СВ. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. 2009. Т. 2. С. 62–68.
6. Заморуєва Л.Ф. Дія гербіциду «Трофі» на склад та метаболізм ліпідів у зерні кукурудзи. *Наука і освіта 2003* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. 2003. Т. 2. С. 16–17.
7. Філонік І.О., Хромих Н.О., Садовська О.Ф. Вплив залишкових кількостей гербіциду «Трофі» в зерні кукурудзи на фізіолого-біохімічні процеси в паростках на ранніх етапах розвитку. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2001. Т. 2. Вип. 9. С. 50–57.
8. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник П.Н. Природные антиоксиданты (экологический аспект) : монография. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. 111 с. Scandalios J.G. The rise of ROS. *Trends Biochem. Sci.* 2002. V.27. P. 483–486.
9. Карпенко В.П., Грицаєнко З.М., Притуляк Р.М. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Умань, 2012. 357 с.
10. Шевченко Н.В., Погосян С.И., Мерзляк М.Н. Перекисное окисление мембранных липидов при действии на растения галоидфеноксикислот. *Физиология растений*. 1980. Т. 27. № 2. С. 363–369.
11. Карташов А.В., Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В. Роль системы антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу. *Физиология растений*. 2008. Т. 55. № 4. С. 516–522.
12. Колуцаєв Ю.С., Карпець Ю.В. Активність супероксиддисмутази і каталази у колеоптилях пшениці за дії пероксиду водню і нагрівання. *Фізіологія та біохімія культурних рослин*. 2007. Т. 39. № 4. С. 319–325.
13. Карпенко В.П., Білоножка В.Я., Полторецький С.П. Фізіологічне обґрунтування механізмів зниження негативної дії гербіцидів на культурні рослини. *Вісник Черкаського університету*. 2012. Вип. № 2 (215). С.7–11.
14. Терек О., Решетило С, Величко О., Яворська Н. Інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у паростках сої під дією емістиму С в умовах токсичного впливу іонів свинцю та кадмію. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологічна»*. 2004. Вип. 37. С. 218–221.
15. Рахматуллина С.Р., Федяев В.В., Талипов Р.Ф. и др. Влияние препарата «Рифтал» на морфофизиологические параметры проростков пшеницы при нормальном и дефицитном минеральном питании. *Агрохимия*. 2007. № 5. С. 42–48.
16. Гришко В.М., Демура Т.А. Вплив регуляторів росту на стійкість проростків кукурудзи, розвиток процесів перекисного окиснення ліпідів і вміст аскорбінової кислоти за сумісної дії кадмію і нікелю. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41. № 4. С. 335–343
17. Рогожин В.В. Практикум по биологической химии. Санкт-Петербург : Издательство «Лань». 2006. С. 132–134; 136–138.
18. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев : Наукова думка. 1976. 334 с.