

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕРБІЦИДІВ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕХАНІЗМУ ДІЇ
ТА АКТИВНОСТІ ЇХ ДЕТОКСИКАЦІЇ В ЛИСТКАХ АМБРОЗІЇ ПОЛИНОЛИСТОЇ
(*AMBROSIA ARTEMISIFOLIA L.*)**

Ю. І. Ткаліч, доктор сільськогосподарських наук;

В. Л. Матюха, кандидат сільськогосподарських наук

ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України

Н. О. Хромих, кандидат біологічних наук;

Л. В. Богуславська

НДІ біології Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара

У польовому експерименті виявлено активацію глутатіон-S-трансферази у листках амброзії полинолистої у відповідь на вплив хлорацетанлідних гербіцидів, що асоціюється зі стійкістю бур'яну. Антагоністична взаємодія ауксиноподібних гербіцидів та харнесу знижувала активність ферменту, послаблюючи тим самим його захисну роль, та зумовлювала адитивне посилення фітотоксичного ефекту гербіцидів. Максимальне зниження кінцевої чисельності амброзії забезпечили комбінації гербіцидів, а також гербіцид стеллар, який містить у своєму складі два різні ауксиноподібні компоненти.

Ключові слова: амброзія, гербіциди, глутатіон-S-трансфераза, детоксикація.

На території України в агробіоценозах налічується близько 300 видів найбільш поширених бур'янів, через це втрати врожаю культурних рослин можуть становити 25–30 %, а в окремих випадках – 50 % і більше [1]. При недостатньому захисті від бур'янів широко-рядних посівів зниження продуктивності культурних рослин може досягати 40–80 % [2]. Серед методів контролю бур'янової рослинності гербіцидна обробка посідає перше місце, при цьому витрати на препарати можуть становити до 15–20 % собівартості вирощування. На сьогодні розроблено і використовується більш ніж 150 хімічних сполук різних груп із гербіцидною активністю, але за механізмами дії всі відомі гербіциди поділяють на 27 груп [3]. Попри ефективність хімічного способу слід зазначити, що масштабне його застосування в агробіоценозах спричинило низку проблем, пов'язаних з виникненням та розповсюдженням стійких біотипів бур'янових рослин, звідси і послаблення фітотоксичної дії гербіцидів. Ці проблеми, на думку Є. Мордерера [4], викликані внесенням персистентних гербіцидів, скороченням сівозмін та застосуванням тотожних за механізмом дії препаратів. В Україні вже зафіксовано зниження чутливості до гербіцидів у популяціях ромашки проріжаної (*Matricaria perforata* Merat.), підмаренника чіпкого (*Galium aparine* L.) [5], лободи білої (*Chenopodium album* L.) і плоскухи звичайної (*Echinochloa crusgalli* (L.) Pal. Beauv) [6]. До стійких бур'янів належить амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisifolia* L.), однорічна дводольна адвентивна алергенна рослина, яка в Україні засмічує різноманітні агроценози і важко викорінюється, зустрічається вона також у європейських країнах [7]. Крім екологічної пластичності, цей вид має здатність пристосовуватись до дії потужних хімічних чинників. За щорічного впливу гербіцидів у гетерогенних популяціях бур'янів виникають стійкі угруповання, які згодом стають домінуючими в популяції. Зазначену закономірність підтверджують результати досліджень Л. П. Матюхи та ін. [8], згідно з якими на фоні щорічного внесення гербіцидів у період 1991–2001 рр. сумарна засміченість орного шару ґрунту насінними зачатками зросла в 1,5 раза, зокрема насінням амброзії полинолистої – у 2,4 раза.

Відомо, що одним із важливих механізмів забезпечення стійкості культурних рослин до гербіцидів є біодеградація ксенобіотиків завдяки функціонуванню ферменту глутатіон-S-трансфераза (GST). Зростання ферментативної активності та асоційоване з ним підвищення толерантності до дії гербіцидів виявлено у культурних рослин різних таксонів, зокрема у проростках пшениці [9], листках арахісу [10], кукурудзи [11], рису [12], соняшнику [13], мунгу (*Vigna radiate*) [14]. При цьому функціонування такого ж захисного механізму у дводольних бур'янів вивчено фрагментарно, наприклад, у різущики Таля (*Arabidopsis thaliana* L.) показано здатність до синтезу ізоформ ферменту, специфічних до хлорацетанлідних гербі-

цидів [15]. У наших попередніх дослідженнях встановлено зростання активності GST у 3,7–4,3 раза у листках амброзії полинолистої за дії гербіцидів діален та серто-плюс, що свідчить про участь ферменту в їх детоксикації [16].

Мета даної роботи полягала у виявленні взаємозв'язку між рівнем активності GST амброзії полинолистої та ефективністю гербіцидів, які відрізняються за діючої речовиною, способами та тривалістю їх застосування в агробіоценозі.

Дослідження проводилися у 2014–2015 рр. на ділянках ДП Дослідне господарство «Дніпро» ДУ Інститут сільського господарства степової зони у посівах кукурудзи гібрида ДН Галатея. Обробку гербіцидами здійснювали відповідно до регламентованих норм [17]. Досходові гербіциди вносили під передпосівну культивуацію, післясходові – у фазі 3–5 листків у кукурудзи. У досліді застосовано наступні дози гербіцидів: харнес – 2,5 л/га; основа – 2,5 л/га; старане приміум, к. е. – 0,6 л/га; лонтрел гранд, в. г. – 200 г/га; ланцелот, в. д. г. – 33 г/га; гвардіан тетра, к. е. – 3,5 л/га; аденго, к. е. – 0,5 л/га; майсТер пауер, о. д. – 1,5 л/га; стеллар – 1,25 л/га + ПАР метолат – 1,25 л/га. Облік чисельності рослин амброзії проводили через 20 днів після гербіцидної обробки (ювенільна фаза розвитку бур'яну) та перед збиранням урожаю кукурудзи. Активність глутатіон-S-трансферази у листках ювенільних рослин амброзії визначали згідно з Nabig et al. [18] у триразовому повторенні. Результати досліджень опрацьовано за допомогою програми Statistica 6.0; розбіжності між вибірками вважали достовірними при $P \leq 0,05$.

За даними обліку встановлено зменшення чисельності ювенільних рослин амброзії за впливу всіх гербіцидів, однак ефективність дії препаратів суттєво відрізнялась (табл. 1).

Діючою речовиною у всіх гербіцидів, які застосовувалися до появи сходів, був ацетохлор – інгібітор синтезу жирних кислот. Препарати групи хлорацетанілідів (аценіт, трофі, харнес) багато років поспіль застосовувались на дослідних ділянках, що й зумовило зниження чутливості амброзії до них та недостатній фітотоксичний вплив на ювенільні рослини бур'яну. Найкраще діяв харнес (знищено 61 % рослин), в той час як вперше застосований препарат основа знищив усього 39 % рослин. Вплив гербіциду гвардіан тетра, який містить дві діючих речовини, був близьким до впливу харнесу, тобто дія тербутилазину (19,5 % від складу гербіциду) на ювенільні рослини не проявилась при внесенні препарату у досходовий період. Натомість гвардіан тетра вирізнявся високим фітотоксичним ефектом при застосуванні у післясходовий період (знищено 86 % рослин), що можливо пов'язане з повільними процесами поглинання коренями і транслокацією тербутилазину у тканинах бур'яну за досходового внесення препарату. Найбільшу ефективність виявив гербіцид стеллар – знищено 91 % рослин амброзії. Стеллар теж є полікомпонентним препаратом і містить топрамезон (інгібує точки росту) та ауксиноподібний компонент дикамба, тому наслідком його впливу, ймовірно, стало безповоротне порушення балансу фітогормонів у чутливих до гербіциду бур'янових рослин.

Потужну фітотоксичну дію зумовила комбінована обробка амброзії харнесом та післясходовими гербіцидами старане (знищено 90,5 % рослин), лонтрел (96,8 %), ланцелот (85 %). Тобто ефективність такої обробки порівняно з дією лише харнесу зростала у 4 рази, 12 та 2,6 раза відповідно. Застосовані препарати – старане, лонтрел і ланцелот належать до різних хімічних груп, але для всіх цих препаратів характерний ауксиноподібний механізм дії. Отже, на ділянках, які у попередні роки обробляли хлорацетанілідними препаратами, ефективно контролювати кількість амброзії полинолистої тільки досходовим гербіцидом не вдавалося, тому виникла потреба у внесенні післясходового ауксиноподібного препарату або проведенні комплексної обробки гербіцидами з ауксиноподібними компонентами.

1. Вплив гербіцидів на кількість (шт./м²) ювенільних рослин амброзії полинолистої – 20 днів після обробки (середнє за 2014–2015 рр.)

Варіант	Спосіб обробки	Кількість рослин, шт./м ²	Технічна ефективність гербіцидів, %
---------	----------------	--------------------------------------	-------------------------------------

Біологічна забур'яненість (контроль)	(Без гербіцидів)	9,28 ± 0,43	-
Основа, 2,5 л/га	Досходовий	5,71 ± 0,41	61,3
Харнес, 2,5 л/га	Досходовий	3,61 ± 0,33	38,7
Гвардіан тетра, 3,5 л/га *	Досходовий	3,65 ± 0,51	39,3
Харнес, 2,5 л/га + старане, 0,6 л/га	Комбінований	0,86 ± 0,14	9,7
Харнес, 2,5 л/га + лонтрел, 200 г/га	Комбінований	0,32 ± 0,10	3,2
Харнес, 2,5 л/га + ланцелот, 33 г/га	Комбінований	1,43 ± 0,13	15,1
Гвардіан тетра, 3,5 л/га	Післяходовий	1,32 ± 0,24	14,0
Аденго, 0,5 л/га	Післяходовий	3,75 ± 0,42	40,9
Майстер, 1,5 л/га	Післяходовий	8,14 ± 0,47	87,1
Стеллар, 1,25 л/га	Післяходовий	0,79 ± 0,14	8,6

* Під культивуцію.

Вплив гербіцидів аденго і майстер на чисельність ювенільних бур'янових рослин виявився вкрай низьким можливо через відстрочення дії складників цих полікомпонентних препаратів, спрямованої на інгібування процесів біосинтезу каротиноїдів (ізоксафлютол) і білків (похідні сульфонілсечовини).

З'ясовано, що активність глутатіон-S трансферази у листках амброзії майже за всіх варіантів гербіцидної обробки зростала порівняно з контролем (табл. 2).

Винятком є зниження активності GST за обробки ділянок гербіцидом гвардіан тетра у післяходовий період, можливо, через виключно токсичний вплив тербутилазину (похідний триазину). Висновок підтверджується тим, що за дії лише ацетохлору спостерігалось зростання активності ферменту в листках амброзії: на 46 та 51 % відповідно під впливом гербіцидів харнес та основа. У разі внесення гвардіану тетра в досходовий період тербутилазин також негативно впливав на активність GST (зростання становило 34 %), що вказує на зниження інтенсивності процесів детоксикації. Тобто вплив гвардіану тетра на активність захисного ферменту, як і зниження чисельності ювенільних рослин, був значнішим при застосуванні препарату у післяходовий період.

Комбінована обробка супроводжувалась меншим (у середньому на 30 %) рівнем активації ферменту, ніж за індивідуальної дії гербіциду харнес, тобто ефект взаємодії післяходових гербіцидів та харнесу на активність GST мав антагоністичний характер. Це, в свою чергу, означає, що комбінована обробка знижувала захисну функцію ферменту, а фітотоксичний вплив гербіцидів суттєво зростав. Отримані результати узгоджуються з висновками Є. Мордерера [09] про те, що взаємодія компонентів комплексних препаратів на переважну кількість бур'янів або адитивна, або навіть синергічна. Така ж сама закономірність простежувалась у разі застосування полікомпонентних препаратів – аденго, майстер і стеллар, під впливом яких активність GST майже не зростала відносно до контролю.

2. Вплив гербіцидів на активність глутатіон-S трансферази (нкат/г сирової маси) у листках ювенільних рослин амброзії полинолістої (середнє за 2014–2015 рр.)

Варіант	Кількість діючої речовини	Активність GST, нкат/г сирової маси	Технічна ефективність гербіцидів, %
Біологічна забур'яненість (контроль)	-	19,3 ± 0,6	-
Основа, 2,5 л/га	1	29,2 ± 0,7	151,3
Харнес, 2,5 л/га	1	28,2 ± 0,7	146,1
Гвардіан тетра, 3,5 л/га	2 + антидот	25,8 ± 0,5	133,7
Харнес, 2,5 л/га + старане, 0,6 л/га	1+1	21,1 ± 0,5	109,3
Харнес, 2,5 л/га + лонтрел, 200 г/га	1+1	21,6 ± 0,6	111,9
Харнес, 2,5 л/га + ланцелот, 33 г/га	1+2	21,7 ± 0,4	112,3
Гвардіан тетра, 3,5 л/га	2 + антидот	17,4 ± 0,4	89,9
Аденго, 0,5 л/га	2 + антидот	19,9 ± 0,6	102,9

МайсТер, 1,5 л/га	2 + антидот	20,2 ± 0,4	104,7
Стеллар, 1,25 л/га	2	21,4 ± 0,6	110,7

Облік чисельності рослин амброзії наприкінці періоду вегетації (табл. 3) свідчить про кінцевий результат дії гербіцидів, який суттєво відрізнявся порівняно з ювенільною фазою.

3. Вплив гербіцидів на кількість рослин амброзії (шт./м²) у посівах кукурудзи перед збиранням урожаю (середнє за 2014–2015 рр.)

Варіант	Кількість рослин амброзії, шт./м ²	Технічна ефективність гербіцидів, %
Біологічна забур'яненість (контроль)	5,61 ± 0,26	-
Основа, 2,5 л/га	0,91 ± 0,30	83,8
Харнес, 2,5 л/га	1,04 ± 0,31	81,5
Гвардіан тетра, 3,5 л/га	0,88 ± 0,26	84,3
Харнес, 2,5 л/га + старане, 0,6 л/га	0,00 ± 0,00	100,0
Харнес, 2,5 л/га + лонтрел, 200 г/га	0,05 ± 0,01	97,0
Харнес, 2,5 л/га + ланцелот, 33 г/га	0,00 ± 0,00	100,0
Гвардіан тетра, 3,5 л/га	0,18 ± 0,02	96,8
Аденго, 0,5 л/га	0,02 ± 0,01	99,6
МайсТер, 1,5 л/га	0,16 ± 0,3	90,1
Стеллар, 1,25 л/га	0,00 ± 0,00	100,0

Найменше амброзії було на ділянках, оброблених досходовими препаратами: основа (знищено 83,8 % рослин), харнес (81,5 %) і гвардіан тетра (84,3 %), тимчасом як при застосуванні гвардіану тетра в післясходовий період цей показник зростав до 96,8 %. Найбільш результативними виявились комбіновані обробки: харнес, 2,5 л/га + старане, 0,6 л/га та харнес, 2,5 л/га + ланцелот, 33 г/га – знищено 100 % рослин амброзії; харнес 2,5 л/га + лонтрел, 200 г/га – 97 %. Серед післясходових препаратів максимальне знищення амброзії забезпечив стеллар (100 % рослин), дещо слабше на бур'ян діяв аденго (98,8 %), в той час як ефективність препарату майсТер дорівнювала лише 90,1 %.

На основі одержаних результатів гербіциди і їхні комбінації можна умовно розподілити на такі групи: з низькою ефективністю (основа, харнес, гвардіан тетра – до сходів) – знищено рослин амброзії у межах 89–91 %; середньою (гвардіан тетра – після сходів; майсТер) – 98 %; високою (аденго, харнес + лонтрел, харнес + старане та харнес + ланцелот) – 99–100 %.

Таким чином, на підставі польових експериментальних досліджень виявлено залежність між ефективністю впливу гербіцидів на чисельність амброзії і строком їх застосування. Установлено суттєву активацію глутатіон-S трансферази під впливом хлорацетанлідних гербіцидів, що проявляється у зниженні чутливості бур'яну. Показано, що дія комбінацій ауксиноподібних гербіцидів та харнесу на активність ферменту була антагоністичною і зумовлювала послаблення його захисної ролі та адитивне посилення фітотоксичного ефекту гербіцидів. Максимальне зниження кінцевої чисельності амброзії забезпечили комбінації харнесу з ауксиноподібними гербіцидами – старане і ланцелот, а також гербіцид стеллар, який містить у своєму складі два різні ауксиноподібні компоненти.

Бібліографічний список

1. Карантинні бур'яни Житомирщини / [С. А. Заповський, О. М. Мовчан, О. А. Дереча, М. А. Дажук] // Захист рослин. – 2003. – № 8. – С. 25–26.
2. Іващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах. Проблеми практичної гербології / Іващенко О. О. – К., 2001. – 234 с.

3. *Мордерер Е. Ю.* Избирательная фитотоксичность гербицидов / *Е. Ю. Мордерер*; НАНУ, ІФРГ. – К.: Логос, 2001. – 240 с.
4. *Мордерер Є. Ю.* Фізіологія дії гербіцидів / *Є. Ю. Мордерер* // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку / НАНУ, ІФРГ. – К.: Логос, 2009. – Т. 2. – С. 12–31.
5. *Гамор Ф. Д.* Динаміка сеgetальної рослинності Українських Карпат / *Ф. Д. Гамор* // Укр. ботанічний журн. – 1988. – Т. 45, № 6. – С. 32–35.
6. *Іващенко О. О.* Резерви гербології / *О. О. Іващенко* // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 4. – С. 12–14.
7. *Genton B. J.* High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, as a result of multiple sources of introduction / *B. J. Genton, J. A. Shykoff, T. Giraud* // *Molec. Ecology*. – 2005. – V. 14. – P. 4275.
8. *Матюха Л. П.* Бур'яни-алергени / *Л. П. Матюха, В. Л. Матюха, В. В. Рябоволенко* // Захист рослин. – 2003. – № 6. – С. 14–17.
9. *Scarponi L.* Induction of wheat and maize glutathione S-transferase by some herbicide safeners and their effect on enzyme activity against butachlor and terbuthylazine / *L. Scarponi, E. Quagliariini, D. Del Buono* // *Pest. Manag. Sci.* – 2006. – V. 62. – P. 927–932.
10. *Jain M.* Gluphosate-induced increase in glutathione S-transferase activity and glutathione content in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) / *M. Jain, N. Bhall-Sarin* // *Pesticide Biochem. Physiol.* – 2001. – V. 69 (3). – P. 143–152.
11. Herbicide tolerance in maize is related to increased level of glutathione and glutathione-associated enzymes / [*M. M. Nemat Ala, A.-H. M. Badawi, N. M. Hassan et al.*] // *Acta Physiol. Plant.* – 2008. – V. 30. – P. 371–379.
12. *Deng F.* Purification and characterization of two glutathione S-transferase isozymes from indica-type rice involved in herbicide detoxification / *F. Deng, K. K. Hatzios* // *Pest. Biochem Physiol.* – 2002. – V. 72 (1). – P. 10–23.
13. *Kilinc O.* The herbicide aclonifen: The complex theoretical bases of sunflower tolerance / *O. Kilinc, R. Grasset, S. Reynaud* // *Pest. Biochem Physiol.* – 2011. – V. 100 (2). – P. 193–198.
14. *Basantani M.* Elevated antioxidant response and induction of tau-class glutathione S-transferase after glyphosate treatment in *Vigna radiate* (L.) Wilczek / *M. Basantani, A. Srivastava, S. Sen* // *Pest. Biochem. and Physiol.* – 2011. – V. 99. – P. 111–117.
15. *DeRidder B. P.* Induction of glutathione S-transferases in *Arabidopsis* by herbicide safener / *B. P. DeRidder, D. P. Dixon, D. J. Beussman* // *Plant Physiol.* – 2002. – Vol. 130. – P. 1497–1505.
16. *Хромих Н.* Дослідження участі глутатіон-S-трансферази амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в детоксикації гербіцидів / *Н. Хромих* // Вісн. Львівського ун-ту. – 2007. – Вип. 44. – С. 151–154. – (Серія "Біологічна").
17. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Офіційне видання. – К.: Юнівест Маркетинг, 2001. – 272 с.
18. *Habig W. H.* Glutathione S-transferase. The first step in mercapturic acid formation / *W. H. Habig, M. J. Pabst, W. B. Jakoby* // *Journal Biol. Chem.* – 1974. – V. 249. – P. 7130–7139.