

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ТА АНАТОМІЧНІ ЗМІНИ**У *CIRSIIUM ARVENSE* (L.) SCOP. ЗА ДІЇ РІЗНИХ ВИДІВ ГЕРБІЦИДІВ**

Наведено результати досліджень з вивчення дії сумішей гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 та гербіцидів Хармоні 75 і Лінтур 70WG, внесених окремо, на фізіолого-біохімічні та анатомічні зміни у бур'яну *Cirsium arvense*. Встановлено, що фітотоксичність сумішей Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 відносно *Cirsium arvense* нарастає зі збільшенням норми внесення Гранстара 75 до 25 г/га, що проявляється в порушенні проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів. Максимальні норми Хармоні 75 і Лінтуру 70WG зумовлюють у *Cirsium arvense* формування мезоморфних ознак листового апарату, які є свідченням припинення ростових процесів рослин та поступової їх загибелі.

Ключові слова: гербіциди, фізіолого-біохімічні та анатомічні зміни, *Cirsium arvense*.

Постановка проблеми. Сучасний асортимент діючих речовин із гербіцидною активністю нараховує більше 150 сполук, які відносять до кількох десятків класів хімічних речовин і 27 груп – за механізмом дії. Однак найбільш широко в сільському господарстві застосовуються гербіциди, що мають лише вісім різних механізмів фітотоксичності [1], зокрема до таких хімічних сполук відносять ауксиноподібні гербіциди та інгібітори ацетолактатсинтази. Разом з тим, не зважаючи на все розмаїття гербіцидних речовин, всі вони повинні характеризуватися високою токсичною дією відносно бур'янів та не справляти негативного впливу на культурні рослини. Ця важлива властивість гербіцидів обумовлюється вибірковістю їх дії та реалізується на рівні як фізичних (препаративна форма, норма внесення, контакт з поверхнею рослин), так і біологічних (анатомо-морфологічна будова рослин, фізіологічні і метаболічні перетворення в них тощо) чинників [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливо значну роль у фітотоксичній активності препаратів відіграють біологічні зміни в бур'янах, які з часом можуть відбуватися у них за дії гербіцидів [3]. Так, низкою праць доведено, що у відповідь на дію гербіцидів бур'яни здатні: активізувати синтез епікутикулярних восків [4], збільшуючи тим самим товщину кутикули, яка погіршує потрапляння препаратів у рослину; формувати анатомо-морфологічні зміни в тканинах і органах, за яких проникність гербіциду значно сповільнюється [2]; підвищувати активність ферментних або інших ключових фізіологічних реакцій, які впливають на кон'югацію та деструкцію ксенобіотика клітинними структурами [5]. Всі ці та інші чинники зумовлюють виникнення в окремих видів бур'янів резистентності до гербіцидів, яка особливо активно розвивається за широкомасштабного використання гербіцидів з однією діючою речовиною (2,4-Д, 2М-4Х, а нині – хлорсульфурон, гліфосат тощо) [6]. У зв'язку з цим, великого значення набуває проблема розробки антирезистентних технологій, одним із елементів яких є поєднання використання у бакових сумішах гербіцидів із різними діючими речовинами або – комбінованих препаратів, які зазвичай містять дві діючі речовини. Такі суміші забезпечують високу ефективність у боротьбі з різними видами бур'янів посівів, але особливості їх дії на фізіолого-біохімічні та інші процеси в бур'янах, що визначають основні механізми формування фітотоксичності препаратів не розкриті.

Мета і завдання досліджень. У зв'язку з цим, метою і завданням наших досліджень було встановити як суміші гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 та гербіциди Хармоні 75 і Лінтур 70WG, внесені окремо, впливатимуть на фізіолого-біохімічні та анатомічні зміни у найбільш шкодочинного та стійкого до широкого спектра гербіцидів виду бур'яну *Cirsium arvense*.

Матеріал та методика досліджень. Досліди виконували в польових і лабораторних умовах кафедри біології Уманського НУС упродовж 2002–2005 рр.

У дослідях використовували гербіциди класу сульфонілсечовини Гранстар 75, в. г. (трибенурон-метил 750 г/кг) та Хармоні 75, в. г. (тифенсульфурон-метил 750 г/кг), феноксикарбоксилових кислот – 2,4-ДА 500, в. р. (2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота у формі диметиламіної солі 500 г/л), комбінованих препаратів – Лінтур 70 WG, в. г. (триасульфурон 41 г/кг + дикамба 659 г/кг).

Закладання дослідів виконували в триразовому повторенні систематичним та рендомізованим методами в посівах ячменю ярого згідно зі схемами, наведених у таблицях. Препарати вносили у фазу повного кушіння ячменю ярого з витратою робочого розчину 300 л/га.

Аналізи проводили в лабораторних умовах у відібраних зразках бур'янів у польових дослідях на третю, восьму та десятю добу після застосування препаратів. Для оцінки спрямованості проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах *Cirsium arvense* визначали: сумарний вміст хлорофілів та вміст у листках води [7], порівнювали інтенсивність транспорту електронів у хлоропластах [8] та вміст у рослинах водорозчинних цукрів [9]. Для оцінки анатомічних змін оцінювали кількісні і якісні зміни в структурі епідермісу [7].

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті проведених досліджень встановлено, що проходження фізіолого-біохімічних процесів у *Cirsium arvense* під впливом сумішей гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 зазнавало суттєвих змін, але при цьому простежувалась залежність спрямованості цих процесів від норм внесення препарату Гранстар 75 та періоду, що минув після обприскування посівів. Так, за обробки бур'янів Гранстаром 75 у нормах 10–25 г/га в сумішах з 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га вміст суми хлорофілів у листках на третю добу після застосування знижувався і в 2002 та 2003 рр. досліджень це зниження порівняно з контролем знаходилось в межах 7–45 і 5–36 % відповідно (табл. 1).

Одержані дані показують, що в початковий період дії сумішей гербіцидів пігментний комплекс *Cirsium arvense* зазнає значних змін, причому ці зміни стають більш вираженими із наростанням у сумішах норми внесення гербіциду Гранстар 75 до 25 г/га.

Аналогічна залежність простежувалась з інтенсивністю транспорту електронів, яка з наростанням норм внесення Гранстара 75 від 10 до 25 г/га в сумішах з 2,4-ДА 500 1,0 л/га в середньому за 2002–2003 рр. знижувалась на 20–67 %. Це може свідчити про значну чутливість *Cirsium arvense* до вказаних сумішей гербіцидів та узгоджується з дослідженнями інших учених [10].

Обробка *Cirsium arvense* Гранстаром 75 10 – 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га зумовила зниження вмісту в листках рослин суми цукрів. Зокрема найнижчий вміст цукрів на третю добу після застосування сумішей було відмічено за норми Гранстара 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, що складало в середньому за 2002–2003 рр. порівняно до контролю 37 %.

Подібною була залежність із вмістом у листках *Cirsium arvense* води: із збільшенням норм внесення у сумішах з 2,4-ДА 500 Гранстара 75 до 25 г/га вміст води в листках бур'яну знижувався. Це може вказувати на інтенсифікацію проходження у рослинах *Cirsium arvense* під впливом гербіциду транспіраційних процесів, які призводять до непродуктивного витрачання води тканинами листка та запускають механізми їх поступового відмирання.

Таблиця 1 – Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах *Cirsium arvense* за дії сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 (третя доба після внесення препаратів)

Варіант досліджу	Хлорофіл, мг/г сирої маси	Інтенсивність транспорту електронів, мк Моль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хлорофілу за годину	Сума цукрів, % на суху речовину	Вміст у листках води, %
Без застосування препаратів (контроль)	1,33* 1,73	21,6 33,3	1,88 2,35	62,2 70,4
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,24 1,64	18,3 25,4	1,51 2,01	50,3 60,1
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,11 1,41	14,2 20,1	1,22 1,51	45,2 52,3
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,98 1,23	9,1 17,7	0,73 1,32	30,1 43,3
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,73 1,11	5,1 13,2	0,41 1,17	27,8 31,2
НІР ₀₅	0,08 0,11	2,8 3,2	0,20 0,41	4,2 3,1

Примітка. * – над ризикою – 2002 р.; під ризикою – 2003 р.

Вивчаючи зміни у фізіолого-біохімічних процесах *Cirsium arvense* на восьму добу після застосування гербіциду Гранстар 75, нами встановлено, що всі досліджувані показники, порівняно до періоду визначення на третю добу після обробки рослин, значно знижувались (табл. 2). Зокрема, за внесення Гранстара 75 у нормах 10–25 г/га в поєднанні з 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га, зниження суми хлорофілів у листках *Cirsium arvense* складало в середньому за 2002–2003 рр. 26–94 %. Очевидно, що на більш пізніх етапах дії препаратів відбувається активна деградація хлорофілу, зумовлена розвитком у рослин гербіцидного стресу.

Таблиця 2 – Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах *Cirsium arvense* за дії сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 (восьма доба після внесення препаратів)

Варіант досліджу	Хлорофіл, мг/г сирої маси	Інтенсивність транспорту електронів, мк Моль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хлорофілу за годину	Сума цукрів, % на суху речовину	Вміст у листках води, %
Без застосування препаратів (контроль)	1,45* 1,81	30,2 40,4	2,10 2,43	65,5 75,5
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,98 1,42	10,2 18,2	1,22 1,66	30,1 40,3
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,63 0,93	8,1 15,1	0,93 1,11	21,2 20,1
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,31 0,58	6,2 10,4	0,51 0,82	15,4 10,4
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,08 0,12	1,8 4,2	0,22 0,31	8,2 5,2
НІР ₀₅	0,31 0,47	1,8 3,2	0,26 0,33	5,3 8,2

Примітка. * – над ризикою – 2002 р.; під ризикою – 2003 р.

Значні зміни у *Cirsium arvense* були відмічені і в проходженні фотохімічних реакцій у хлоропластах. Зокрема з наростанням норм внесення Гранстара 75 до 25 г/га у сумішах з 2,4-ДА 1,0 л/га інтенсивність транспорту електронів у хлоропластах знижувалась в середньому у 12 разів. Одержані дані щодо зниження вмісту хлорофілу та пригнічення фотохімічної активності хлоропластів у листках *Cirsium arvense* чітко демонструють розлад у функціонуванні фотосинтетичної системи рослин, наслідком чого є зниження вмісту у листках вуглеводів. Так, за внесення Гранстара 75 в нормах 10–25 г/га + 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га зниження суми цукрів у листках *Cirsium arvense* на восьму добу після обприскування рослин складало в середньому до контролю 42–90 % у 2002 р. та 32–87 % – у 2003 р.

Щодо вмісту води в листках *Cirsium arvense*, то на восьму добу після застосування Гранстара 75 у сумішах з 2,4-ДА 500 він значно знижувався, однак найбільш відчутним це зниження було у варіантах, де Гранстар 75 вносили у нормі 25 г/га. Активне зневоднення рослин, яке спостерігалось в даному варіанті досліджу, призводило до поступового засихання листових пластинок та їх відмирання.

Оскільки *Cirsium arvense* є одним із найбільш шкочинних видів бур'янів, що проявляє значну резистентність до дії гербіцидів, важливим було дослідити, які анатомічні зміни відбуваються в будові його листового апарату за дії препаратів і як це впливає на формування ним захисних пристосувань.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що із наростанням норм внесення гербіцидів кількість клітин епідермісу на одиниці поверхні листка *Cirsium arvense* зменшувалась (табл. 3).

Таблиця 3 – Анатомічна будова епідермісу листкового апарату *Cirsium arvense* на 10-ту добу після внесення гербіцидів Хармоні 75 і Лінтуру 70WG, 2004 – 2005 рр.

Варіант досліджу	Кількість клітин епідермісу, шт./мм ²	Розмір однієї клітини		
		довжина, мкм	ширина, мкм	площа, мкм ²
Без застосування препаратів (контроль)	51	10,1	18,7	188,9
Хармоні 75 5 г/га	110	5,2	12,1	62,9
Хармоні 75 10 г/га	83	7,3	14,7	107,3
Хармоні 75 15 г/га	61	8,0	17,3	138,4
Хармоні 75 20 г/га	52	10,3	18,2	187,5
Лінтур 70 WG 90 г/га	85	7,8	14,0	109,2
Лінтур 70 WG 100 г/га	62	8,2	17,1	140,2
Лінтур 70WG 120 г/га	50	9,7	19,0	184,3
Лінтур 70 WG 140 г/га	42	11,0	21,1	232,1

Так, за внесення гербіциду Хармоні 75 у нормах 5–20 г/га кількість клітин епідермісу знаходилась у межах 52–110 шт./мм², а за внесення Лінтуру 70WG у нормах 90–140 г/га – 42–85 шт./мм² при 51 шт./мм² у контролі. Збільшення числа клітин епідермісу, яке простежувалось за внесення Хармоні 75 у нормах 5–15 г/га і Лінтуру 70WG – 90–100 г/га супроводжувалось зменшенням їх розмірів та площі. Так, у варіантах Хармоні 75 5; 10 і 15 г/га площа однієї клітини епідермісу зменшувалась порівняно з контролем на 126,0; 81,6 і 50,5 мкм² відповідно, а за дії Лінтуру 70WG у нормах 90 і 100 г/га – на 79,7 і 48,7 мкм². Водночас за внесення Хармоні 75 у нормі 20 г/га площа однієї клітини епідермісу *Cirsium arvense* складала 187,5 мкм², а за норм Лінтуру 70WG 120 і 140 г/га – 184,3 і 232,1 мкм² при 188,9 мкм² в контролі. З одержаних даних випливає, що за норм внесення Хармоні 75 5,0–15 г/га і Лінтуру 70WG 90–100 г/га рослини *Cirsium arvense* формують ксероморфний листковий апарат, який характерний для рослин, що ростуть і розвиваються у несприятливих для них умовах. Очевидно, що формування такої пристосувальної ознаки може вказувати на боротьбу за виживання. Разом з тим за дії Хармоні 75 20 г/га і Лінтуру 70WG 120–140 г/га у рослин *Cirsium arvense* відмічалися мезоморфні ознаки, які були характерні і для рослин, що не оброблялись препаратами. Це може свідчити про високу летальність цих норм препаратів відносно даного виду бур'яну, за яких ростові процеси припиняються, а з часом простежується повна загибель рослин.

Висновки. Викладений вище експериментальний матеріал дає підставу зробити наступні висновки. Фізіолого-біохімічні процеси в *Cirsium arvense* за дії сумішей гербіцидів Гранстар 75 із 2,4-ДА 500 зазнають значних змін: на третю добу після внесення спостерігається порушення фотосинтетичних процесів (знижується рівень хлорофілу та фотохімічна активність хлоропластів), що в цілому призводить до порушення вуглеводного обміну в рослинах; на восьму добу після внесення досліджуваних препаратів вміст хлорофілу, фотохімічна активність хлоропластів, вміст вуглеводів та води в листках *Cirsium arvense* знижуються більш суттєво як порівняно до контролю, так і до попереднього періоду визначення; порушення фізіолого-біохімічних процесів наростає зі збільшенням у сумішах з 2,4-ДА 500 норм внесення Гранстару 75 до 25 г/га.

Гербіциди Хармоні 75 (5–15 г/га) і Лінтур 70WG (90–100 г/га) зумовлюють формування ксероморфного листкового апарату *Cirsium arvense*, що може вказувати на розвиток у рослин в початковий період дії гербіцидів пристосувальних ознак, разом з тим за норм Хармоні 75 20 г/га і Лінтуру 70WG 120–140 г/га у *Cirsium arvense* спостерігається формування мезоморфних ознак листкового апарату, що, очевидно, є наслідком припинення ростових процесів, за яких подальшого наростання листкового апарату не відбувається, а з часом простежується загибель рослин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мордерер Є. Ю. Фізіологічні аспекти захисту посівів від бур'янів / Є. Ю. Мордерер // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: зб. наук. праць. – К.: Логос, 2009. – Т. 2. – С. 12–39.
2. Гербіциди і продуктивність сільськогосподарських культур : [навчальний посібник] / [Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б.]; за ред. академіка З. М. Грицаєнко. – Умань, 2005. – 686 с.

3. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин : [наукове та навчально-методичне видання] / [Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. та ін.] ; за ред. д. с.-г. н. В. П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочинський», 2012. – 357 с.
4. Паталах І. І. Поверхневі ліпіди листкової кутикули та їх бар'єрна функція / І. І. Паталах, Н. І. Штеменко // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 2. – С. 89–93.
5. Мережинський Ю. Г. Сучасні досягнення та перспективи розвитку досліджень по проблемі фізіології дії гербіцидів / Ю. Г. Мережинський, С. Ю. Мордерер // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К., 2001. – Т. 1. – С. 345–361.
6. Anderson R. L. Impact of sub-surface tillage on weed dynamics in the Central Great Plains // Weed Technology. – 2004. – 18. – Р. 186–192.
7. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. – К. : ЗАТ «Нічлава», 2003. – 320 с.
8. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова; под ред. И. П. Ермакова. – М.: «Академия», 2003. – 256 с.
9. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. – К.: Наукова думка, 1976. – 334 с.
10. Sanders Gina E. Studies into the differential activity of the hydroxybenzonitrile herbicides 1. Photosynthetic inhibition, symptom development and ultrastructural changes in two contrasting species / E. Gina Sanders, E. Pallet Kenneth // Pestic. Biochem. and Physiol. – 1986. – V. 26. – № 2. – P. 116–127.

Физиолого-биохимические и анатомические изменения в *Cirsium Arvense* (L.) Scop. при действии различных видов гербицидов

В.П. Карпенко

Приведены результаты исследований по изучению действия смесей гербицидов Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 и гербицидов Хармони 75 и Линтур 70WG, внесенных отдельно, на физиолого-биохимические и анатомические изменения в *Cirsium arvense*. Установлено, что фитотоксичность смесей Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 в отношении *Cirsium arvense* возрастает с увеличением нормы внесения Гранстара 75 до 25 г/га, что проявляется в нарушении прохождения в растениях основных физиолого-биохимических процессов. Максимальные нормы Хармони 75 и Линтура 70WG приводят у *Cirsium arvense* к формированию мезоморфного листового аппарата, который свидетельствует об окончании ростовых процессов и постепенном отмирании растений.

Ключевые слова: гербицид, физиолого-биохимические и анатомические изменения, *Cirsium arvense*.

Physiological, biochemical and anatomical changes *Cirsium Arvense* (L.) Scop. in the effect of different types of herbicides

V. Karpenko

The article presents the research results of studying the influence of mixtures of herbicides Granstar 75 + 2.4- DA 500 with herbicides Harmony 75 and Lintur 70 WG, applied separately, on physiological, biochemical and anatomical changes in the weed *Cirsium arvense*.

It is set, that phytotoxicity of the mixtures of Granstar 75 + 2.4-DA 500 on *Cirsium arvense* grows with the increase of the norm of applying Granstar 75 to 25 g/ha, that shows itself in the disorder of the main physiological and biochemical processes in plants. Maximal norms of Harmony 75 and Lintur 70 WG lead to the formation of mesomorphic features in the leaves of *Cirsium arvense*, that indicate the stop of the growing processes and their gradual destruction.

Key words: herbicides, physiological biochemical and anatomical changes, *Cirsium arvense*.