

УДК 632.503.3

Чи можливе безпечне використання пестицидів?**К. І. Тохтарь*, Ю. В. Гаврилюк**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 11.08.2020 Отримано після доопрацювання 14.09.2020 Затверджено до публікації 15.09.2020 Доступно онлайн 05.11.2020	В оглядовій статті показано хімічну сутність процесів, що відбуваються внаслідок використання пестицидів у сільськогосподарському виробництві. Розглянуто різні негативні аспекти впливу пестицидів та їх залишків на культурні рослини і природне середовище, зокрема, на ґрунт. Як аргументи, використано численні посилання на сучасну наукову літературу і результати власних багаторічних досліджень у польових експериментах, виконаних з метою проведення екологічної експертизи гербіцидів. Результати експериментів красномовно свідчать про високу фітотоксичність пестицидів стосовно культурної рослини, під час вирощування якої їх застосовано. На варіанті без гербіцидів з двома ручними прополюваннями (№2) урожай був найвищим, а в разі застосування на цьому фоні гербіцидів на всіх варіантах констатовано вагоме зниження врожаю зерна кукурудзи. Вміст в орному шарі ґрунту залишків більшої частини досліджуваних у польовому експерименті гербіцидів залишався вище гранично допустимої концентрації і після п'яти місяців з моменту застосування. Дослідженнями виявлено, що, крім фітотоксичності пестицидів, існує ще й прихована токсичність їх залишків у ґрунті щодо культур, які вирощують після кукурудзи (овес, соняшник). Саме залишки пестицидів через рік після застосування призвели не лише до зниження майже на всіх варіантах врожаю культур, але й до погіршення, у деяких випадках, фізичного стану рослин. Вплив післядії гербіцидів на зниження врожайності був відчутним навіть у тих випадках, коли залишки не перевищували допустимої концентрації. Результати аналізу ситуації не залишають сумніву, що існуюча практика застосування отрутохімікатів потребує глибокого перегляду, з наголосом зокрема на інтегровані програми боротьби зі шкідливими біологічними об'єктами – комбінації, перш за все, біологічних, агротехнічних, і генетичних методів з дуже обмеженим використанням пестицидів.
<i>Ключові слова:</i> гербіцид; гранично допустима концентрація; залишок гербіциду в ґрунті; польовий експеримент; фітотоксичність	

* E-mail: kitok40@gmail.com

Форма цитування: Тохтарь К.І., Гаврилюк Ю.В. Чи можливе безпечне використання пестицидів?. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 90. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2020. С. 76-85. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-08>**1. Загальна оцінка ситуації щодо інформованості суспільства про шкочодчинність пестицидів**

Наявний досвід використання хімічних засобів захисту рослин свідчить про те, що людство ніколи не буде мати повної впевненості щодо оцінки всіх наслідків впливу пестицидів на живу природу, – зі збільшенням суми знань, прогресу в техніці і методах спостережень розкриваються все нові й нові, неочікувані і, здебільшого, негативні, наслідки їх дії, які ніяк не передбачувались їх виробниками [1].

Вплив пестицидів через харчові ланцюжки становить для людини набагато більшу небезпеку, ніж радіоактивність від атомних електростанцій та інших джерел радіації. І це не тому, що радіонукліди ніби-то, більш безпечні, ніж біоциди, а тільки тому, що небезпека радіоізотопів для людини в цілому загальноновизнана і широковідома, в той час, як токсичність пестицидів відома далеко не в повному обсязі, що збільшує їх небезпеку, яку ще і ще раз необхідно постійно і якнайбільше підкреслювати [2].

Навіть поверхнєве знайомство з історією хімічного захисту рослин і сучасними технологічними прийомами повністю підтверджує правильність такого застереження. Мова йде про інсектициди другого покоління - ДДТ, ГХЦГ та інші хлорорганічні сполуки. Понад 70 років пройшло вже з моменту офіційної реєстрації їх як пестицидів, а досьє на них і дотепер ще продовжує поповнюватись. Та й заборонений був ДДТ не стільки в силу його особливої токсичності, не тому, що він набагато небезпечніший, ніж інші сучасні пестициди, а лише тому, що він був першим синтетичним пестицидом і тому був найбільш ґрунтовно вивчений в токсикологічному розумінні. Не слід забувати й про те, що пестициди та хімічні сильнодійні отруйні речовини є близькими родичами. І приклад такого споріднення – це, зокрема, фосфорорганічні сполуки, представники яких здатні викликати масові отруєння усього живого. Проте багато пестицидів цього класу і до сьогодні чомусь дозволені до використання як біоциди [3].

Труднощі прогнозування дії пестицидів багаторазово посилюються складністю життєвих циклів у всіх живих істот і наявністю різноманітних взаємозв'язків між живими компонентами біогеоценозу. Зміна ставлення у світі до застосування пестицидів значною мірою зобов'язана так званому ефекту бумерангу, тобто, супутній пестицидам токсичній дії і післядії. Очевидно, що це характерно для будь-якого потужного, постійно діючого екологічного чинника, що вводиться в агроландшафт і викликає в ньому цілий ряд супутніх негативних явищ [4].

По-перше, повсюдно реєструється пряма або перехресна адаптація шкідливих видів біоти – поява пестицидрезистентних форм у генетично гетерогенній популяції шкідника або фітопатогена. Їх уже зафіксовано понад 500 видів шкідників.

По-друге, широко розповсюджена біоцидна дія пестицидів на корисну біоту (і перш за все, на бджіл) внаслідок недостатньої селективності препаратів, їх передозувань, винесення за межі оброблюваної ділянки та міграції або внаслідок порушень регламенту застосування (температура, відносна вологість повітря, полідисперсність розчинів тощо).

По-третє, виключно серйозною стає і проблема накопичення залишків пестицидів у ґрунті та в продукції. Особливу небезпеку становить їх здатність до міграції в різних ланках і системах, по харчових ланцюжках, а для ліпофільних речовин – ще й біоконцентрація.

Шкодочинність пестицидів у ґрунті не вичерпується лише їх прямою токсичною дією. Разом з цим тут утворюються стабільні метаболіти, які є прямою загрозою для навколишнього середовища, і зокрема – всієї ґрунтової біоти. Так, у ґрунтах, де раніше застосовували ДДТ, вміст його метаболітів і за токсичністю, і за кількістю перевищує вміст вихідної речовини. А поряд із залишками стійких сім-триазинових гербіцидів у ґрунті відкриваються і досить персистентні продукти розпаду, що чинять більш сильну мутагенну дію, ніж самі триазини.

Багато пестицидів, зокрема широко застосовуваний гербіцид – діхлорфеноксіоцтова кислота (2,4-Д), містять, як постійні домішки, поліхлоровані діоксини – одні з найбільш отруйних речовин, що здатні, навіть у найменших кількостях, виявляти тератогенну, канцерогенну та мутагенну активності [5, 6].

Дослідженнями, проведеними в штаті Канзас (США), виявлено, що використання пестицидів групи 2,4-Д в 6 разів збільшує виникнення у фермерів ракових пухлин і у 8 разів – у тих, хто безпосередньо готує робочі розчини та застосовує їх у полі [7]. Існує достатня доказова база свідчень, що немає жодного пестициду, який би у дослідженнях на багатьох тест-системах не показав мутагенної, тератогенної або пухлинотворної активності [2, 3, 8, 9].

Знизити рекомендовані дози пестицидів без зниження їх ефективності та скоротити витрати на засоби захисту рослин – заповітна мрія кожного агронома. Одним із таких шляхів є синтез нових гербіцидів з нормами витрат, майже в сотні разів меншими ніж існуючі. Цей шлях започаткували у 80-х роках минулого століття фахівці фірми «Дюпон» і на ринок стали надходити гербіцидні препарати з класу сульфонілсечовин – Мілагро, Хлорсульфурон, Тітус, Хармоні, Ларен та інші. З уведенням в обіг цих сполук було проголошено «...нову еру в технології захисту рослин» [10]. Висока гербіцидна активність у наднизьких дозах (6-40 г/га), широкий спектр дії, низька токсичність для людини і всієї живої природи, швидке розкладання в об'єктах навколишнього середовища (усього декілька тижнів) – хіба це не оптимальний варіант?

Однак, незабаром з'ясувалося, що ряд представників цієї групи пестицидів має мутагенні ефекти [9, 11], а їхні залишки у ґрунті, навіть у дуже малій кількості (менше 0,2-0,5 г/га) призводять до загибелі багатьох широколистих культур [12]. Унікальна біологічна активність сульфонілсечовинних гербіцидів (ССГ) змушує проводити моніторинг їх негативною післядією навіть за показником T_{99} , тобто за 99 % розпаду гербіцидів у ґрунті. Такий моніторинг доцільніше виконувати методом біотестування.

Прихована токсичність залишкових кількостей деяких похідних ССГ у ґрунті проявляється у зниженні (на 15-25 %) врожаю сільськогосподарських культур, обумовленому пригніченням метаболізму ще на ферментативному рівні. Тобто ще коли у чутливих рослин не спостерігається помітних зовнішніх змін (пожовтіння і деформація листя, скривлення стебла), а може відзначатися лише деяке стоншення стебла, зменшення розмірів листових пластинок, генеративних органів і т. ін. Візуально помітними ці ознаки стають тільки на рівні 40-45 % зниження біомаси культури. Вловити ці приховані зміни вдається лише шляхом порівняння з іншими рослинами, вирощеними на незабрудненому ґрунті. В зв'язку з цим

здійснення жорсткого екологічного контролю в практиці застосування цих гербіцидів стає важливим завданням [13, 14].

Неодноразово доведено [14, 15], що ступінь прояву та рівень ефективних доз пестицидів, залежно від погодних умов, може коливатись більше, ніж у 4 рази, а залежно від ґрунтово-кліматичних умов – більше, ніж у 10 разів. Тим не менше, гранично допустимі концентрації (ГДК) гербіцидів класу сульфонілсечовин розраховані чомусь тільки для легких піщаних ґрунтів з кислим середовищем (низьким рН), де вони й дійсно розкладаються вже за кілька тижнів. Але в несприятливих умовах (нейтральні та лужні ґрунти, недостатня вологість ґрунту, низька температура тощо) післядія цих гербіцидів виявляється навіть через 2-3 роки після їх використання.

Саме тому тільки шляхом експериментальної перевірки в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, у наявних у наш час сівозмінах і за певних агротехнічних заходів можливо об'єктивно оцінити долю і рівень екологічного ризику в ґрунті та інших об'єктах навколишнього середовища тих чи інших гербіцидів. Таким чином можна створити і зональний асортимент гербіцидів, який гарантує можливості маневру з розрахунком на ґрунтові, кліматичні та технологічні чи антропогенні фактори, щоб запобігти формуванню резистентності бур'янів, користуючись у різні роки різними класами хімічних сполук.

Мета роботи – довести за допомогою експериментально перевірених аргументів, що хімічний спосіб боротьби з бур'янами є акцією з примарним успіхом, коли реальні втрати якості довкілля маскуються швидкими тимчасовими економічними ефектами.

2. Об'єкти і методи експериментальних робіт

Впродовж 2004–2011 рр. у стаціонарних дослідах лабораторії технології вирощування кукурудзи Луганського інституту АПВ було проведено екологічну експертизу цілого ряду гербіцидних препаратів, широко застосовуваних у сільськогосподарському виробництві. А оскільки сучасні гербіциди не є достатньо селективними до тієї культури, на якій використовуються, поряд з вирішенням проблем боротьби з забур'яненістю, досліджували й питання фітотоксичності цих препаратів до основної культури, а також токсичності впливу залишкових кількостей їх у ґрунті на наступні культури в сівозміні. Основною культурою у дослідах була кукурудза, наступні культури сівозміни – овес і соняшник. Метою експериментів було також дослідити відповідність введених у Реєстр пестицидів затвердженим нормативним регламентам їх використання.

ґрунт, на якому проводили дослідження – чорнозем звичайний середньогумусний на лесоподібному сулгинку. Потужність гумусового горизонту – 55-60 см, вміст гумусу в орному шарі ґрунту – 4,2 % (за Тюрніним), рН водний – 7,2-7,3, сума обмінних основ – 40-41 мг-екв. на 100 г ґрунту.

У польових експериментах було досліджено такі варіанти застосування гербіцидів:

1. Контроль-1 - без гербіцидів та ручних прополювань;
2. Контроль-2 - без гербіцидів + 2 ручних прополювання;
3. Примекстра Голд (суміш S - Метолахлор+Атразин), 2 л/га + Хармоні (тіфенсульфурон), 10 г/га;
4. Примекстра Голд, 3 л/га;
5. Харнес, 2,5 л/га;
6. Мілагро (нікосульфурон, 40 г/л), 1,25 л/га;
7. Мілагро, 1,50 л/га;
8. Контроль-2 + Мілагро, 1,25 л/га;
9. Контроль-2 + Мілагро, 1,50 л/га;
10. Діален Супер, 1,50 л/га;
11. Контроль-2 + Діален Супер, 1,5 л/га;
12. 2,4-Д (500 г/л), 1,10 л/га;
13. Контроль-2 + 2,4-Д, 1,10 л/га;
14. Хармоні, 15 г/га;
15. Контроль-2 + Хармоні, 15 г/га;
16. Дикамба (480 г/л), 0,6 л/га.

ґрунтові гербіциди (Примекстра Голд і Харнес) вносили шляхом обприскування поверхні ґрунту перед передпосівною культивуванням, а страхові гербіциди (Мілагро, Діален Супер, Хармоні, 2,4-Д і Дикамба) використовували у фазі 3-5 листків культури шляхом обприскування посівів.

Загальна площа елементарної ділянки – 75 м², облікова – 50 м². Повторність триразова. Всі варіанти досліду розміщували за рендомізованою схемою. На цих же дослідних ділянках у наступному році після внесення гербіцидів вивчали післядію використаних гербіцидів на культурах, найбільш чутливих до них у сівозміні.

Визначення вмісту залишків гербіцидів у ґрунті (в шарі 0-25 см) проводили методами тонкошарової та газорідної хроматографії згідно з методичними рекомендаціями [16, 17]. Терміни відбирання проб ґрунту визначали залежно від періодів напіврозпаду (Т₅₀) тих чи інших гербіцидів [18]. Облік урожаю виконували методом суцільного збирання з наступним визначенням вологості зерна і перерахуванням його на стандартну вологість. Узагальнення матеріалів та аналіз результатів досліджень здійснювали згідно з методичними посібниками [19, 20].

3. Результати досліджень та їх обговорення

3.1. Фітотоксичність гербіцидів. Вплив на основну культуру

Гербіциди частіше за все є сильнодійними біологічно активними речовинами, використання яких в агроценозах призводить до суттєвих змін як у фізіології культурних рослин, так і у рості й розвитку бур'янів. Тому в агрохімічних дослідах доцільніше, насамперед, з'ясувати вплив гербіцидних препаратів на біологічні властивості основної культури. Через те для визначення одного з проявів фітотоксичності (точніше, прихованої токсичності) основних гербіцидів до вирощуваної культури недостатньо йти за традиційною схемою дослідів. Автори роботи з власного досвіду дійшли висновку, що обов'язково слід, крім основного контролю без гербіцидів і ручних прополювань, ввести додатковий варіант контролю – без гербіцидів, але з двома ручними прополюваннями. У такому разі обробка гербіцидами чистих від бур'янів посівів дає змогу з'ясувати, наскільки знижується (або підвищується) врожайність кукурудзи під впливом того чи іншого гербіциду [21]. Достовірне зниження урожайності зерна кукурудзи під дією 2,4-Д було доведено нашими більш ранніми роботами [22].

Оскільки відомо, що діален супер – це сумішевий препарат, тобто, складається з гербіцидів 2,4-Д (344 г/л) і дикамби (120 г/л), і за результатами попередніх трьох років констатовано зменшення від його дії виходу зерна на 19-24 %, треба було з'ясувати, яка із складових препаратів є більше шкодочинною стосовно кукурудзи. Тому в 2009-2011 рр. до гербіцидної схеми було включено ще й варіанти з 2,4-Д (з діючою речовиною 500 г/л) і контролем-2 плюс 2,4-Д (500 г/л). У подальшому фітотоксичність гербіцидів визначали з порівняння врожаїв зерна кукурудзи на контролі-2, чистому від бур'янів, із таким самим контролем-2, де було внесено той чи інший гербіцид (Табл. 1).

Статистичний аналіз результатів дослідів показав, що критерії достовірності для варіантів 8, 9, 11 і 15: $t_{\phi 8}=7,459$; $t_{\phi 9}=8,742$; $t_{\phi 11}=7,857$; $t_{\phi 15}=7,159$ – набагато перевищують (навіть при рівні значущості $P=0,01$) свої табличні значення. Це однозначно вказує на не випадковість відмінностей, виявлених порівняно з другим (чистим) контролем і на присутність високої фітотоксичності гербіцидів.

На варіанті (№ 2), де не застосовували гербіцидів, а просто два рази прополювали бур'яни, урожай зерна кукурудзи був найвищим. Але будь-який гербіцид, застосований на цьому фоні, вносив негативний ефект. Найсильнішим був вплив гербіциду Хармоні (варіант №15), який спричинив зниження урожаю на 29,2 %. Далі за зменшенням розміру шкодочинності йдуть варіанти № 9→11→8→13.

Слід зауважити, що чільні місця в цьому переліку займають саме представники вищезгаданих ССГ: тіфенсульфурон-метіл (Хармоні) і нікосульфурон (Мілагро), які вважались винятково безпечними [10, 23]

Гербіцид 2,4-Д (варіант № 13), взятий навіть у більшій дозі, ніж він міститься у складі діалену супер, теж виявив свою високу токсичність до основної культури, але лише на рівні $P=0,05$, знизивши врожайність зерна кукурудзи на 0,45 т/га, або на 10,9 % порівняно з варіантом № 2. Судячи з цього, дикамба істотно впливає на кінцевий результат, підсилюючи загальну токсичність гербіциду діален супер (варіант №11) на 0,32 т/га, або на 41,6 %. І це незважаючи на те, що діючої речовини його в суміші ми маємо лише 34,9 %, тобто майже втричі менше. Доречно підкреслити, що згідно з санітарно-гігієнічними регламентами токсичність діалену супер вимірюється чомусь за токсичністю лише одного складника – 2,4-Д, а гранично допустимі концентрації іншого складника – дикамби ні в ґрунті, ні в продукції не розроблено.

Таблиця 1

Урожайність кукурудзи (зерно) в дослідях з гербіцидами (2004–2011 рр.)

№	Варіант	Урожайність кукурудзи, т/га				Відносно контрольних варіантів, %	
		по повтореннях			середня	№ 1	№ 2
I	II	III					
1	Контроль-1 (без гербіцидів та ручних прополювань)	1,90	1,98	1,88	1,92	100	46,7
2	Контроль-2 (без гербіцидів + 2 ручних прополювання)	4,01	4,10	4,23	4,11	214,4	100
3	Примекстра Голд, 2 л/га + Хармоні, 10 г/га	2,91	2,93	2,97	2,94	153,1	71,5
4	Примекстра Голд, 3 л/га	2,85	2,73	2,60	2,73	142,2	66,4
5	Харнес, 2,5 л/га	2,19	2,25	2,27	2,24	116,7	54,5
6	Мілагро, 1,25 л/га	2,99	3,04	3,18	3,07	159,9	74,7
7	Мілагро, 1,50 л/га	3,24	3,48	3,38	3,37	175,5	82,0
8	Контроль-2 + Мілагро, 1,25 л/га	3,55	3,35	3,85	3,42	178,1	83,2
9	Контроль-2 + Мілагро, 1,50 л/га	3,37	3,18	3,38	3,31	172,4	80,5
10	Діален Супер, 1,5 л/га	3,35	3,22	3,40	3,32	172,9	80,8
11	Контроль-2 + Діален Супер, 1,5 л/га	3,43	3,19	3,39	3,34	174,0	81,3
12	2,4-Д (500 г/л), 1,10 л/га	2,71	2,90	2,84	2,82	146,9	68,6
13	Контроль-2 + 2,4-Д, 1,10 л/га	3,64	3,76	3,59	3,66	190,6	89,1
14	Хармоні, 15 г/га	3,28	3,32	3,54	3,39	176,6	82,5
15	Контроль-2 + Хармоні, 15 г/га	2,85	2,91	2,98	2,91	151,6	70,8
16	Дикамба (480 г/л), 0,6 л/га	3,25	3,40	3,48	3,38	176,0	82,2

$\bar{Sx}=0,08$; $Sd = 0,12$; $HIP 05=0,24$

Таким чином, результати експерименту красномовно свідчать про високу фітотоксичність гербіцидів стосовно кукурудзи, під час вирощування якої їх застосовано. На варіанті без гербіцидів з двома ручними прополюваннями (№2) урожай був найвищим, а на всіх варіантах з пестицидами констатовано істотне зниження врожаю зерна.

3.2. Залишки гербіцидів і їх вплив на наступні культури сівозміни

За інтенсивного застосування гербіцидів виникає небезпека накопичення в ґрунті певної кількості діючих речовин, їх метаболітів, а також впливу всіх цих забруднювачів на наступні культури в сівозміні. Визначення вмісту в орному шарі ґрунту залишкових кількостей гербіцидів через 2-5 місяців після їх застосування (Табл. 2) повністю підтвердило результати, здобуті раніше [24].

В достатньо великій кількості продовжує виявлятися 2,4-Д: і на 63-тій, і на 108-му, і навіть на 150-у добу з моменту внесення цього гербіциду, залишки його в ґрунті є на межі гранично допустимої концентрації. Поведінка 2,4-Д нагадує історію хлорорганічних пестицидів (ДДТ, ГХЦГ та інші), проте похідні феноксикислот ніколи не відносились до персистентних, а термін їх перебування у ґрунті обмежувався лише 3-4 тижнями [18]. Залишки ж хлорорганічних пестицидів продовжують виявлятися, як і раніше, у різних кутках нашої планети, хоча з того часу, як заборонили їх використання, минуло понад 50 років [25], а за ствердженнями гігієністів, вони повинні були повністю розкластися у ґрунті щонайбільше через 5-10 років [26].

Про небезпеку залишкових кількостей 2,4-Д свідчить ще й той факт, що гербіцидами цього класу і їх сумішками наразі оброблюються найбільші площі пшениці, ячменю і кукурудзи в Україні. Міністерство охорони здоров'я щорічно обмежує обсяги застосування препаратів на основі 2,4-Д, основною причиною чого є постійне виявлення залишків 2,4-Д в молочній продукції і м'ясі [27].

Таблиця 2

Залишки гербіцидів у ґрунті через певний час після внесення (польові досліді 2004 – 2011 рр.)

№	Варіант	Вміст пестицидів, мг/кг			ГДК ¹ у ґрунті
		Час від дня застосування, діб			
		63	108	150	
1	Мілагро, 1,25 л/га	0,152	0,109	0,076	0,2
2	Мілагро, 1,50 л/га	0,210	0,140	0,099	0,2
3	Діален Супер (2,4-Д), 1,5 л/га	0,222	0,152	0,105	0,1
4	2,4-Д (500 г/л), 1,10 л/га	0,183	0,146	0,087	0,1
5	Хармоні, 15 г/га	0,166	0,123	0,076	0,05
6	Примекстра Голд (Метолахлор+Атразин), 2,0 л/га + Хармоні, 10 г/га				
	Хармоні, 10 г/га	0,144	0,106	0,069	0,05
	Метолахлор, 800 г/л	0,560	0,445	0,333	0,02
	Атразин, 640 г/л	0,371	0,232	0,141	0,5 (0,01) ²
7	Примекстра Голд (Метолахлор +Атразин), 3,0 л/га				
	Метолахлор, 1200 г/л	0,643	0,578	0,380	0,02
	Атразин, 960 г/л	0,404	0,265	0,152	0,5 (0,01) ²
8	Харнес (ацетохлор), 2,5 л/га	0,685	0,543	0,335	0,5

¹ ГДК - гранично-допустима концентрація згідно з [28];² (0,01) – ГДК Атразину за фітотоксичністю

Результатами досліджень впродовж 2004-2011 років виявлено, що 2,4-Д з діалену супер або дікаму плюс постійно зберігається у ґрунті набагато довше і набагато більше, ніж 2,4-Д з препаратів з однією діючою речовиною (амінка, 2,4-Д 500, ультра 720). Це, перш за все, треба віднести на рахунок другого компоненту названої суміші – дикамби, який, до того ж, значно сильніше діє і на врожайність зерна кукурудзи.

Аналогічна ситуація спостерігається і щодо залишків гербіцидів – похідних хлорацетанлідів, триазинів і сульфонілсечовини. У всіх випадках результати аналізів (Табл. 2) свідчать про значне перевищення концентрацій метолахлору й атразину відносно ГДК. До речі, гербіциди з групи триазинів – єдині препарати, для яких встановлено ГДК в ґрунті за фітотоксичними показниками [29].

Констатовано і високий вміст у ґрунті залишків таких гербіцидів, як хармоні (тіфенсульфурон-метіл) і мілагро (нікосульфурон). При цьому необхідно враховувати, що існують і певні частки гербіцидів, які взаємодіють з органічною частиною ґрунту (їх налічується до 30-40 %) і зазвичай ці кількості не враховуються під час хімічного визначення залишків пестицидів, бо наразі ми не спроможні аналітично виділити їх із ґрунту. Проте вони зберігають свої біоцидні властивості й надалі [30].

Для практичного рослинництва надзвичайно важливим є не стільки точний аналіз залишків кожного з використовуваних препаратів, скільки можливість визначення сумарної фітотоксичності обробленого пестицидами ґрунту та ступеню безпеки вирощування наступних культур у сівозміні. Нашими дослідженнями виявлено (Табл. 3), що, крім фітотоксичності пестицидів, існує ще й прихована токсичність їх залишків у ґрунті щодо культур, які вирощують після кукурудзи (овес, соняшник).

У досліді з вівсом це стосується, перш за все, варіантів із примекстра голд (№ 3 і № 4), де різниця за врожайністю зерна, порівняно з контролем (№ 2) становить 0,51 і 0,58 т/га відповідно, що значно перевищує межі можливих відхилень і вважається істотною різницею навіть за рівня значущості 1 %. Достовірне зниження врожайності зерна зафіксовано і під впливом залишків мілагро (№ 8 і № 9) – врожайність була на 0,46 і 0,48 т/га (23 і 24 %) нижчою, ніж на контрольному варіанті (№ 2). Така ж ситуація щодо впливу залишків гербіцидів виявляється і в урожаї насіння соняшнику, де з аналогічними рівнями значущості відмічено істотне зниження у варіантах з мілагро (1,50 л/га: № 9 і № 7) – 0,43 і 0,50 т/га (24,5 і 28,6 %), а також в обох варіантах (№ 3 і № 4) з препаратом примекстра голд – 0,48 і 0,59 т/га (27,4 і 33,7 %).

Щодо ушкодження рослин вівса і соняшнику, коли листя поступово знебарвлюється і набуває вигляду пергаментного паперу, але не втрачає тургору, саме атразин, блокуючи реакцію утворення хлорофілу в хлоропластах листка, і є причиною загибелі цих культур у варіантах із внесенням і 2-х, і 3-х л/га гербіциду примекстра голд.

Таблиця 3

Дія залишків гербіцидів на врожайність вівса і соняшнику, вирощуваних після кукурудзи (польові досліді 2004 – 2011 рр.)

№	Варіант	Урожайність культур сівозміни, т/га							
		Овес (зерно)				Соняшник (насіння)			
		I	II	III	середня	I	II	III	середня
1	Контроль-1	1,75	1,69	1,60	1,68	1,40	1,43	1,52	1,45
2	Контроль-2	1,86	2,01	2,14	2,00	1,65	1,83	1,78	1,75
3	Примекстра Голд, 2 л/га + Хармоні, 10 г/га	1,53	1,43	1,52	1,49	1,34	1,01	1,27	1,27
4	Примекстра Голд, 3 л/га	1,50	1,46	1,31	1,42	1,09	1,22	1,16	1,16
5	Харнес, 2,5 л/га	1,66	1,61	1,59	1,62	1,40	1,48	1,43	1,44
6	Мілагро, 1,25 л/га	1,67	1,69	1,71	1,69	1,42	1,39	1,47	1,43
7	Мілагро, 1,50 л/га	1,59	1,54	1,48	1,54	1,15	1,27	1,33	1,25
8	Контроль-2 + Мілагро, 1,25 л/га	1,61	1,68	1,62	1,64	1,45	1,43	1,49	1,46
9	Контроль-2 + Мілагро, 1,50 л/га	1,49	1,50	1,56	1,52	1,31	1,35	1,30	1,32
10	Діален Супер, 1,5 л/га	1,64	1,85	1,71	1,73	1,56	1,46	1,51	1,51
11	Контроль-2 + Діален Супер, 1,5 л/га	2,25	2,07	1,96	2,09	1,53	1,52	1,59	1,55
12	2,4-Д (500 г/л), 1,10 л/га	1,75	1,86	1,78	1,80	1,59	1,73	1,75	1,69
13	Контроль-2 + 2,4-Д, 1,10 л/га	1,81	1,83	1,86	1,83	1,65	1,78	1,80	1,74
14	Хармоні, 15 г/га	1,73	1,60	1,75	1,69	1,41	1,47	1,57	1,48
15	Контроль-2 + Хармоні, 15 г/га	1,77	1,65	1,77	1,73	1,39	1,43	1,51	1,44
16	Дикамба (480 г/л), 0,6 л/га	1,83	1,90	1,88	1,87	1,55	1,49	1,56	1,53
Статистичні характеристики		F факт=8,45 F _{0,5} =1,95 НІР 0,5 =0,35 т/га				F факт=8,29 F _{0,5} =1,95 НІР 0,5 =0,39 т/га			

Отже, саме залишки пестицидів через рік після застосування призвели не лише до зниження майже на всіх варіантах урожаю вівса і соняшнику, але й до погіршення, у деяких випадках, фізичного стану рослин.

3.3. Відповідність введених у реєстр гербіцидів регламентам їх використання

У Законі України «Про захист рослин» [31] сформульовано конкретні вимоги щодо використання пестицидів, зокрема такі:

- 1) суворе дотримання регламентів їх застосування;
- 2) збереження корисної флори і фауни;
- 3) недопущення пошкодження рослин, погіршення їх стану та забруднення продукції рослинного походження і довкілля засобами захисту рослин;
- 4) здійснення обов'язкового державного контролю.

За весь час проведення екологічної експертизи гербіцидів (2004-2011 рр.) ми констатували безліч суттєвих порушень як регламентів застосування гербіцидів, так і самого Закону України. Це стосується, насамперед, термінів присутності в ґрунті і 2,4-Д, і хармоні, і мілагро, і атразину, які були набагато тривалішими, ніж передбачено встановленими нормами безпеки. А персистентність пестицидів – це не тільки терміни перебування їх в тому чи іншому природному середовищі, а й збереження характерної для них високої біологічної активності, неодмінної дії на флору і фауну та можливості транслокації їх в рослини і врожай, як, до речі, це неодноразово акцентувалось щодо 2,4-Д і похідних сим-триазинів [3, 5, 27, 29].

Треба підкреслити і той факт, що залишки мілагро в жодному з досліджуваних варіантів не перевищували гранично допустимих концентрацій їх у ґрунті, встановлених Мінздравом України за санітарно-гігієнічними критеріями. Але, попри це, кожного разу, досліджуючи післядію гербіцидів, ми констатували істотні зниження врожайності зерна вівса і насіння соняшнику.

Стосовно примекстри голд (суміш препаратів метолахлору – 400 г/л й атразину - 320 г/л), то тут залишки метолахлору набагато перевищували ГДК, а залишки атразину

ніколи навіть не досягали рівня ГДК. Тим не менше зовнішні ознаки ураження як вівса, так і соняшнику чітко вказують на те, що причиною зниження врожайності цих культур у всіх випадках був саме атразин, для якого, єдиного з усіх класів гербіцидів, ГДК встановлено не за санітарно-гігієнічною нормою, а за фітотоксичними показниками. Тобто ми маємо ще один доказ того, що санітарно-гігієнічні критерії не діють.

Пряме порушення одного з головних положень Закону України – про недопущення пошкодження рослин, погіршення їх стану та забруднення продукції рослинного походження, ми маємо у випадку з залишками хармоні, 2,4-Д і мілагро, так само, як і з високою фітотоксичністю цих гербіцидів до основної культури, що призводить до достовірного зниження врожайності зерна на 16,8-29,2 %. І тут же транснаціональні компанії з виробництва пестицидів впроваджують широку торгівлю антидотами, засобами для послаблення або зняття негативної дії пестицидів. Це ще раз свідчить про недостатність та недосконалість досліджень гербіцидів перед їх реєстрацією на державному рівні.

Наше суспільство багато років було позбавлене інформації стосовно проблеми отруєння людей і природи токсичними хімічними речовинами і, найперше, пестицидами. Така картина швидко вимальовується з аналізу практики вимушеної відмови нашої держави від великої кількості пестицидів після того, як їх шкода ставала очевидною для осіб, що ухвалювали рішення про використання тих чи інших хімічних засобів захисту рослин [1, 3, 6]. Сумнівність результатів державних випробувань пестицидів стає очевидною вже виходячи з того факту, що для деяких пестицидів після тривалого їх широкого застосування «якось несподівано» виявляється негативна побічна дія, якої ніхто раніше не передбачав, уже тому, що ефект виявляється зовсім не таким, як у інших відомих біологічно активних речовин. Цей досвід повинен слугувати нам серйозним застереженням і готувати нас до того, що кожного разу у кожній новій активній речовині, навіть після найретельніших перевірок, через деякий час впливають найпідступніші властивості. Після отримання такого типу результатів заборона цих речовин цілком природна, але саме ці обставини свідчать про те, що виданий раніше дозвіл на їх використання ґрунтувався переважно на більш ніж сумнівних критеріях [2].

Хімічний метод захисту рослин – простий у застосуванні і дає видимий, але ж і негативний ефект. Прояв забруднення навколишнього середовища настає пізніше. При цьому особливої турботи та відповідальності за негативні наслідки застосування пестициду його виробник не несе. І зрештою це проявляється в соціальній та екологічній незацікавленості цього виробника в організації вирощування чистої від залишкових кількостей пестицидів продукції [32].

Щорічно способом обприскування вноситься близько 2,2 млн т різноманітних пестицидів. Але полідисперсні крапельки пестицидів є ще й політоксичними. Априорі: великі краплі, наприклад, 400 мкм, містять в 1000 разів більше хімічної речовини, ніж у крапель 40-мікронних. В цілому, обприскувачі, як механічні генератори хімічних концентрованих аерозолів, і через 100 років своєї історії залишились при краплях французької фірми Верморель, що змінюють свої розміри від 10 мкм до 2,5 мм. В полідисперсності крапель, вираженій синергетичною їх політоксичністю, в які, до того ж, закладено величезні (до 90 %) втрати хімічної діючої речовини пестициду – і є корінь зла і вузол усіх проблем цивілізації з пестицидами [33, 34].

Наразі можливості хімічного методу боротьби зі шкідливими організмами, мабуть, дійшли до своєї межі. Цей шлях – необхідність постійного застосування все нових і нових пестицидів, все більш дорогих і з усе більш примарним успіхом, лише приховує (маскує) довготривалі втрати тимчасовими короточасними економічними досягненнями. Альтернативою хімічного захисту рослин повинні стати інтегровані програми. Сучасний рівень знань про живі організми дозволяє вирішувати багато, якщо не всі проблеми, без використання хімічних отруйних речовин [3]. Захист природи від забруднення, зокрема пестицидами, повинен бути обов'язковим завданням всіх виробників сільськогосподарської продукції. Ми повинні, нарешті, зрозуміти, що це не випадкова крапля отрути в нашій їжі, а постійне, усвідомлене отруєння людиною свого довкілля [2].

4. Заключення

1. Вся історія хімічного захисту рослин переконує нас у тому, що суспільство ніколи не буде мати повної впевненості в адекватності оцінки всіх наслідків впливу пестицидів на живу природу. За збільшенням суми знань, прогресу в техніці і методиках

спостережень з'являються все нові й нові, неочікувані раніше і, в більшості своїй, негативні наслідки їх дії, які ніяк не передбачувались їх виробниками.

2. Пестициди неминує викликають глибокі зміни в агроєкосистемах, у яких вони впроваджуються, бо мають широкий спектр токсичної дії на всі живі організми.

3. За всі роки проведення екологічної експертизи гербіцидів виявлено багато суттєвих порушень як регламентів їх застосування, так і Закону України «Про захист рослин». Мова йде про пошкодження рослин, погіршення їх стану та забруднення продукції рослинного походження і доквілля (ґрунту, води й повітря) засобами захисту рослин.

4. Повністю відсутній дієвий санітарно-гігієнічний контроль, не розроблено з цією метою і не введено в дію науково-обґрунтовані нормативи для обмеження використання шкідливих хімічних сполук в сільському господарстві. Чинна практика хімічного захисту рослин потребує глибокого перегляду.

5. Необхідно пояснювати всьому населенню можливі негативні наслідки застосування пестицидів у сільському господарстві, щоб супроводжуючий таке застосування ризик був усвідомлений суспільством.

Список використаних джерел

1. Яблоков А.В. Ядовитая приправа. Проблемы применения ядохимикатов и пути экологизации сельского хозяйства. Москва, 1990. 250 с.
2. Эйхлер В. Яды в нашей пище. Москва: Мир. 1993. 188 с.
3. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. Москва, 1999. 509 с.
4. Соколов М.С. Возможности получения экологически безопасной продукции растениеводства в условиях загрязнения агроферы. Сооб. №1. Важнейшие природные и ксенобиотические загрязнители. *Агрехімія*. 1995. №6. С. 107-125.
5. Галиулин Р.В. Оценка поведения гербицидов 2,4-Д, пропанада и их метаболитов в жидкой фазе почв и донных обложений. *Агрехімія*. 1999. №7. С. 65-70.
6. Фёдоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. Москва: Наука, 1993. 267 с.
7. Сайко В.Ф. Сучасні технології обробітку ґрунту: проблеми, перспективи їх застосування в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2007. №12. С. 6-8.
8. Куринный А.И. О тактике генетического контроля за применением пестицидов. *Цитология и генетика*. 1986. Т. 20, № 6. С. 463-467.
9. Клисенко М.А., Пилинская М.А. Мутагенная активность и структура пестицидов. *Цитология и генетика*. 1989. Т. 23, №5. С. 64-68.
10. Макеева-Гурьянова Л.Т., Спиридонов Ю.А., Шестаков В.Г. Сульфонилмочевинины – новые перспективные гербициды. *Агрехімія*. 1987. № 2. С. 115-128.
11. Григоренко Н.В., Ларченко Е.А. Мутагенный эффект гербицида титуса у кукурузы. *Цитология и генетика*. 2000. 34, № 5. С. 50-54.
12. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е. Вопросы мониторинга пестицидов в окружающей среде. *Агрехімія*. 1999. № 11. С. 64-71.
13. Спиридонов Ю.Я. К вопросу о последствии сульфонилмочевинных гербицидов в почвах и пути снижения их отрицательного действия на культурные растения. *Вестн. защиты растений*. 2009. № 3. С. 10-13.
14. Ларина Г.Е. Комплексная оценка действия гербицидов на компоненты агроценоза. *Агрехімія*. 2002. № 4. С. 54-74.
15. Спиридонов Ю.Я. Экологические аспекты применения сульфонилмочевинных гербицидов в сельском хозяйстве. *Агрехімія*. 1994. №7-8. С. 108-113.
16. Методические рекомендации по контролю за уровнями и изучению динамики содержания пестицидов в почве и растениях Москва: ЦИНАО-1985. 89 с.
17. Методы определения микроколичеств пестицидов. Справочник 2 т., под. ред. М.А. Клисенко. Москва, 1992.
18. Майер-Бодэ Г. Гербициды и их остатки. Москва: Мир, 1972. 520 с.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта 5 изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
20. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
21. Рушковски М., Круль М. Влияние гербицидов на биологические свойства культурных растений. // Труды ВНИЗР. 1975. Вып. 43. С.108-114.
22. Карпенко А.П., Груздо А.Н., Тохтарь К.И. Гербициды в посевах кукурузы. *Химия в сельском хозяйстве*. 1981. №7. С.41-46.
23. Токсиколого-гігієнічна оцінка і регулювання гербіцидів, що містять нікосульфурон, для захисту кукурудзи / І.В. Лепьошкін, В.І. Медведєв, П.Г. Жмінько [та ін.] // *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2013. №3. С. 24-27. URL: http://protox.medved.kiev.ua/index.php/ua/categories/mechanisms-of-intoxications/item/download/107_3755bdcae3ba87dbae75ecccb5f5361
24. Тохтарь К.И. Экологическая экспертиза гербицидов. Актуальные проблемы современного землеробства: Міжнародна науково-практична конференція (доповіді і виступи). Луганськ. 2003. С. 474-480.
25. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. Ленинград: Гидрометиздат, 1990. 269 с.

26. Мельников Н.Н. Хлоруглеводороды и некоторые их производные в окружающей среде. *Агрохимия*. 1992. №6. С. 112-119.
27. Степаненко П.А., Сидоров Ю.В. Взаимодействие служб приносит результаты. *Защита и карантин растений*. 2000. № 12. С. 7-9.
28. Перелік пестицидів та агрохімікатів дозволених до використання в Україні. Київ. 2017.
29. Ладонин В.Ф., Лунев М.И. Определение остатков гербицидов по фитотоксикологическому показателю. *Защита растений*. 1983. №4. С.28-29.
30. Рачинский В.В. Об экстракции гербицидов из почвы. *Химизация сельского хозяйства*. 1988. №2. С.35-38.
31. Закон України «Про захист рослин». *Захист рослин*. 1999. №4. С.22–27.
32. Лісовий М.П. Методологія та основи концепції захисту рослин. *Вісник аграрної науки*. 2002. №9. С.25-28.
33. Пестициды – роковой феномен материальной действительности / И.Я. Веретенников, А.В. Овсянкина, Э.Л. Мельников [и др]. *Ремонт, восстановление, модернизация*. 2013. №10. С.48-52.
34. О создании нового научно-технического направления «Монодисперсные техногенные аэрозоли». И.Я.Паремский, В.Г. Островский, Ю.М. Веретенников [и др]. *Мир измерений*. 2015. № 1. С.42-44.

UDK 632.503.3

Is it possible to use pesticides safely?

K.I. Tokhtar*, Yu.V. Gavrilyuk

National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”,
Kharkiv, Ukraine

*E-mail: kitok40@gmail.com

The review article shows the chemical nature of the processes that occur due to the use of pesticides in agricultural production. Various negative aspects of the impact of pesticides and their residues on cultivated plants and the natural environment, in particular on the soil, are considered. Numerous references to the modern scientific literature and results of own long-term research in the field experiments are used as arguments for the purpose of carrying out ecological examination of herbicides. The results of experiments eloquently indicate the high phytotoxicity of pesticides against the cultivated plant during the cultivation of which they were used. In the variant without herbicides with two manual weeding (№2) the yield was the highest, and in the case of application of herbicides against this background, all variants showed a decrease in the yield of corn grain. The content of residues of most of the herbicides studied in the field experiment in the arable layer of the soil remained above the maximum allowable concentration even after five months from the moment of application. Studies showed that, in addition to the phytotoxicity of pesticides, there is also a hidden toxicity of their residues in the soil against crops grown after corn (oats, sunflower). The residues of pesticides a year after application led not only to a decrease in almost all variants of oat and sunflower yields, but also to the deterioration, in some cases, of the physical condition of plants. The effect of the herbicide aftereffect on yield reduction occurred even in cases where the residues did not exceed the allowable concentration. The results of the analysis of the situation leave no doubt that the current practice of using pesticides requires in-depth review, with emphasis in particular on integrated programs - in combination, primarily biological, agronomic and genetic methods and very limited use of pesticides.

Keywords: field experiment; herbicide; herbicide residue in the soil; maximum permissible concentration; phytotoxicity.

Citing: Tokhtar K.I., Gavrilyuk Yu.V. 2020. Is it possible to use pesticides safely? *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 90. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 76-85. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-08>.