

ОЦІНКА ХІМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДНИКІВ ЗА ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

О.О. Фоменко

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)
e-mail: zachitnik84@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0526-502X

Проаналізовано обсяги внесення інсектицидів у системі захисту багаторічних насаджень за 2019–2021 рр. та визначено ступінь небезпечності їх застосування й потенційний ризик екотоксикологічної небезпеки. Встановлено, що в Україні за рік найбільше вносять препарати на основі діючих речовин: малатіон (2,29 тис. кг), диметоат (1,59 тис.), імідаклопрід (1,49 тис.), пропаргіт (1,49 тис.) і циперметрин (1,11 тис. кг). Найвищий екотоксикологічний ризик визначено для д.р. імідаклопрід, диметоат, альфа-циперметрин, зета-циперметрин, пропаргіт, флупірадіфуран, лямбда-цигалотрин, які входять до складу препаратів Конфідор, в.р.к., Данадим стабільний, КЕ, Бі-58 новий, к.е., Альфагард 100, КЕ, Фастак, к.е., Ф'юрі, в.е., Омайт 57%, ЕВ, Сіванто Прайм 200 SL, РК, Ампліго 150 ZC, ФК, Енжіо 247 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS мк.с. За сукупністю екотоксикологічних і санітарно-гігієнічних показників до мало небезпечних (С_н 6–7) належать препарати Бі-58 новий, к.е., Данадим стабільний, КЕ, Калінсо 480 SC к.с., Мовенто 100 SC, КС, Оберон Рарід 240 SC, КС, Трансформ, ВГ, Фуфанон 570, КЕ. До небезпечних (3 ступінь) — Ампліго 150 ZC, ФК, Арріво, к.е., Енжіо 247 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS мк.с., Сіванто Прайм 200 SL, РК, Ф'юрі, в.е. До дуже небезпечних (2 ступінь) — Альфагард 100, КЕ, Протеус 110 OD, о.д., Фастак, к.е. За комплексом характеристик діючих речовин та препаратів на їх основі, показниками екотоксикологічної небезпеки і ступенем небезпечності встановлено, що застосування препаратів Калінсо 480 SC к.с., Мовенто 100 SC, КС, Оберон Рарід 240 SC, КС, Трансформ, ВГ, Фуфанон 570, КЕ за дотримання рекомендованих норм внесення становить найменшу потенційну небезпеку для навколишнього природного середовища. Найбільшу небезпеку в агробіоценозах яблуні мають препарати з класу піретроїдів Арріво, к.е., Карате Зеон 050 CS мк.с., Ф'юрі, в.е., Фастак, к.е., а також Альфагард 100, КЕ і Протеус 110 OD, о.д.

Ключові слова: агробіоценоз яблуні, пестициди, екологічна небезпека, екотоксикологічний ризик.

ВСТУП

Хімічні засоби захисту рослин і нині залишаються невід'ємною складовою сучасних агротехнологій, незважаючи на загальновідомі негативні наслідки впливу на людину і навколишнє природне середовище.

Питання використання пестицидів у сільському господарстві і вивчення наслідків впливу пестицидів на природні та агроєкосистеми й здоров'я людей завжди зберігає свою актуальність. Різні екологічні чинники та технологічні прийоми вирощування сільськогосподарських рослин можуть впливати на ефективність і потенційні негативні ефекти хімічних засобів захисту рослин. Тому для зменшення негативного впливу пестицидів на агро-

єкосистеми та прилеглі території, забруднення продукції і здоров'я людей необхідно враховувати потенційні екологічні ризики їх застосування [1–3].

Мета — провести екотоксикологічну оцінку інсектицидів та інсектоакарицидів, які використовують у системах захисту яблуневих насаджень в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України, а також визначити ступінь небезпечності їх застосування та потенційний ризик екотоксикологічної небезпеки.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Серед чинників, які визначають врожайність і якість плодової продукції є вплив біотичних, абіотичних, у т. ч. зміни клімату, й антропогенних чинників, які можуть фор-

мувати сприятливі умови для постійного розмноження та накопичення шкідників, збудників хвороб і бур'янів в агробіоценозах яблуневих насаджень [4; 5]. Сумісний їх вплив за відсутності або несвоєчасного проведення заходів захисту плодових культур може сприяти повній втраті врожаю та погіршення фітосанітарного стану в агро-екосистемах [6–8].

В Україні плодовим насадженням яблуні значних збитків завдають понад 180 видів шкідників. Видовий склад шкідників залежить від віку і фізичного стану дерев яблуні, ґрунтово-кліматичних умов та технологій вирощування [9]. Шкідлива ентомофауна в агробіоценозах яблуневих насаджень представлена великим різноманіттям комах і кліщів-фітофагів, втрати від яких становлять близько 30%, а в періоди спалахів їх розмноження та розвитку епіфітотій хвороб можуть перевищувати 60% [8; 10–12].

Сучасні системи захисту більшості плодових культур від шкідливих організмів базуються на застосуванні препаратів хімічного походження. Їх використання є відносно дешевим та ефективним, але має низку потенційних негативних наслідків для людини і навколишнього природного середовища.

За ретроспективним аналізом джерел літератури, встановлено, що системи захисту насаджень яблуні від комплексу шкідників у попередні десятиліття ґрунтувалися на багаторазовому застосуванні політоксичних пестицидів, що включали 14–16 хімічних обробок за вегетаційний сезон [13]. У таких системах захисту не було враховано істотних змін технологій вирощування культури, погодно-кліматичних умов та таксономічну структуру шкідливого ентомоакарокомплексу в агробіоценозах яблуні. Це сприяло розвитку і загостренню екологічних проблем: забрудненню агроекосистем і природних екосистем залишками діючих речовин пестицидів, появі резистентних популяцій шкідників, втраті біорізноманіття тощо [14; 15].

Навантаження пестицидів на плодові насадження в 2002–2010 рр. становило

38–75 кг/га за сезон, а частка застосування інсектицидів у системах захисту яблуні займала близько 40%. Однак, пошкодження врожаю сягало 10–15% [16, 17]. За даними С.М. Мостов'як із колегами [2] у 2018–2020 рр. обсяг внесених інсектицидів та акарицидів в Україні (загалом) становив 1750,5 тис. кг/рік, і в т. ч. на території Центрального Лісостепу – 279,1 тис. кг/рік, що свідчить про значне хімічне навантаження на агроценози й ґрунти та високий ризик екологічної небезпеки за їх застосування.

Відомо, що на боротьбу зі збудниками хвороб та шкідниками в яблуневих насадженнях щороку витрачається велика кількість пестицидів, проте лише їх незначна частка досягає місць спрямованої дії, тоді як майже 99% потрапляє в ґрунт, водойми, атмосферу і продукцію [18; 19]. Застосування пестицидів призводить до високого рівня забруднення ґрунтів та пригнічення їх біологічної активності, перешкоджає природному відновленню родючості, викликає втрату харчової цінності та смакових якостей продукції, що спричиняє погіршення стану здоров'я населення [1; 20; 21].

Систематичне та тривале застосування пестицидів у плодових насадженнях зумовлює розвиток стійких популяцій шкідників [22; 23], а також відбувається порушення природної біоценотичної регуляції внаслідок загибелі ентомофагів і акарифагів та інших корисних видів-запилювачів [24]. Тобто ефективність пестицидів постійно знижується, навіть за збільшення норм витрат і частоти обробок [15].

Тому вивчення та прогнозування можливих ризиків негативного впливу пестицидів є невід'ємною складовою за впровадження їх у практичну діяльність агрогосподарств різних форм власності [25]. Для зменшення негативної дії пестицидів на довкілля та нецільові об'єкти необхідно оцінити рівень потенційної небезпеки запланованої системи захисту від шкідливих організмів для людини і біоти. Ефективність хімічного захисту визначає токсичність вибраного препарату для шкідливого об'єкта, дотримання оптимальних строків обробки і норм витрати, а також чергуван-

ня пестицидів різних хімічних класів [8; 9; 26; 27].

Сучасна стратегія систем захисту насаджень яблуні має орієнтуватися на екологічне регулювання чисельності шкідливих організмів за максимального використання біологічних засобів, зниження кількості хімічних обробок, вдосконалення асортименту пестицидів та перехід до інтегрованого захисту рослин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено в Уманському національному університеті садівництва у багаторічних насадженнях яблуні (промисловий сад) навчально-виробничого відділу на території центральної частини Право-

бережного Лісостепу України. Перелік і загальну характеристику досліджуваних хімічних препаратів, які використовували проти шкідливих комах і кліщів-фітофагів у агробіоценозі яблуні впродовж 2006–2020 рр., наведено в *табл. 1*.

Екотоксикологічну оцінку досліджуваних хімічних препаратів здійснювали з використанням методичних підходів Інституту захисту рослин НААН [26; 29]. До того ж, використовували дані паспорта безпеки препаратів і діючої речовини [31] та враховували гігієнічну класифікацію пестицидів за ступенем небезпечності [32] (I – надзвичайно небезпечні, II – небезпечні, III – помірно небезпечні, IV – мало небезпечні).

Ступінь небезпечності (Сн) застосування інсектицидів та інсектоакарицидів

Таблиця 1. Загальна характеристика досліджуваних пестицидів

Комерційна назва препарату	Діюча речовина, її вміст	Норма внесення препарату на 1 га	Норма внесення за діючою речовиною, г/га	Клас небезпечності [28]
Актара 25 WG, в.г.	Тіаметоксам, 250 г/кг	0,14 кг	35,0	III
Альфагард 100, КЕ	Альфа-циперметрин, 100 г/л	0,25 л	25,0	II
Ампліго 150 ЗС, ФК	Хлорантраніліпрол, 100 г/л + Лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,4 л	40,0 + 20,0	II
Арріво, к.е.,	Циперметрин, 250 г/л	0,32 л	80,0	II
Бі-58 новий, к.е.	Диметоат, 400 г/л	2,0 л	800,0	II
Данадим стабільний, КЕ	Диметоат, 400 г/л	2,0 л	800,0	II
Енжіо 247 SC, к.с.	Лямбда-цигалотрин, 106 г/л + Тіаметоксам, 141 г/л	0,18 л	19,1 + 25,4	III
Каліпсо 480 SC к.с.	Тіаклоприд, 480 г/л	0,25 л	120,0	III
Карате Зеон 050 CS мк.с.	Лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,4 л	20,0	II
Конфідор, в.р.к.	Імідаклоприд, 200 г/л	0,25 л	50,0	III
Маврік BE	Тау-флювалінат, 240 г/л	0,6 л	144,0	II
Мовенто 100 SC, КС	Спіротетрамат, 100 г/л	1,75–2,25 л	175,0–225,0	II
Моспілан, р.п.	Ацетаміприд, 200 г/кг	0,5 л	100,0	III
Оберон Рапід 240 SC, КС	Спіромезифен, 228,6 г/л + Абамактин, 11,4 г/л	0,6 л 0,8 л	137,2 + 6,8 182,9 + 9,1	II
Омайт 57%, EB	Пропаргіт, 570 г/л	2,0 л	1140,0	III
Протеус 110 OD, о.д.	Тіаклоприд, 100 г/л + Дельгаметрин, 10 г/л	1,0 л	100,0 + 10,0	III

Комерційна назва препарату	Діюча речовина, її вміст	Норма внесення препарату на 1 га	Норма внесення за діючою речовиною, г/га	Клас небезпечності [28]
Сіванто Прайм 200 SL, РК	Флупірадіфуран, 200 г/л	0,75 л 1,0 л	150,0 200,0	II
Трансформ, ВГ	Сульфоксафлор, 500 г/кг	0,05–0,1кг	25,0–50,0	II
Фастак, к.е.	Альфа-циперметрин, 100 г/л	0,25 л	25,0	II
Ф'юрі, в.е.	Зета-циперметрин, 100 г/л	0,3 л	30,0	II
Фуфанон 570, КЕ	Малатіон, 570 г/л	2,0 л	1140,0	II

визначали за методикою В. Васильєва зі співав. [26; 30], яка враховує показники токсичності пестицидів і їх персистентність. Клас безпеки пестицидів (категорія А) виявляли за показником токсичності препарату (LD_{50}), персистентність (категорія Б) — за показником періоду напіврозпаду (T_{50}). Ступінь небезпечності (Сп) застосування інсектицидів і акарицидів оцінювали за інтегральною шкалою: I і II — дуже небезпечні; III — небезпечні; IV і V — помірно небезпечні; VI і VII — мало небезпечні.

Оцінку потенційного ризику використання інсектицидів для екосистем проведено за методом М. Мельникова [32]. Методика передбачає визначення екотоксикологічної небезпечності (екотоксу (Е)) з урахуванням норм витрат, персистентності (T_{50}) та токсичності препарату (LD_{50}) за перорального надходження в організм білих шурів. За одиницю екотоксу прийнято вважати екотоксикологічну небезпеку дихлордифенілтрихлорметилметану (ДДТ) за норми витрат 1 кг/га, персистентності — 312 тижнів та LD_{50} — 300 мг/кг. Показник екотокс дає змогу порівняти екотоксичність досліджуваної речовини щодо ДДТ та відповідно оцінити відносну небезпеку забруднення навколишнього природного середовища цією речовиною.

У дослідженнях також використано офіційні статистичні дані Державної служби статистики України [30], Міністерства

захисту довкілля та природних ресурсів України [28], Бази даних властивостей пестицидів [30].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Важливе значення для вибору хімічних препаратів у системі захисту рослин від шкідливих організмів має оцінювання їх екологічної і екотоксикологічної небезпеки [2; 6; 10; 20]. З цією метою ми здійснили аналіз 21 хімічного препарату проти шкідників, які були включені в систему захисту яблуні в промисловому саду Уманського національного університету садівництва. Досліджувані препарати за токсикологічними параметрами (гостра пероральна токсичність) згідно з «Гігієнічною класифікацією пестицидів за ступенем небезпечності» [30] належать до другого і третього класу небезпечності (відповідно небезпечні і помірно небезпечні) (див. *табл. 1*).

Найбільше хімічне навантаження на агрофітоценоз відбувається за застосування препаратів Бі-58 новий, Данадим стабільний, Омайт, Фуфанон. Навіть за однократного обприскування рослин цими препаратами вноситься 800 г/га і більше небезпечних хімічних сполук.

За однократного внесення препаратів Омайт і Фуфанон вноситься у 1140,0 г/га діючої речовини пропаргіт і малатіон відповідно. Однак за використання препарату Фуфанон, який належить до другого класу небезпечності, виникнення екологічних

ризиків в агроценозі є вищими, ніж за застосування препарату Омайт.

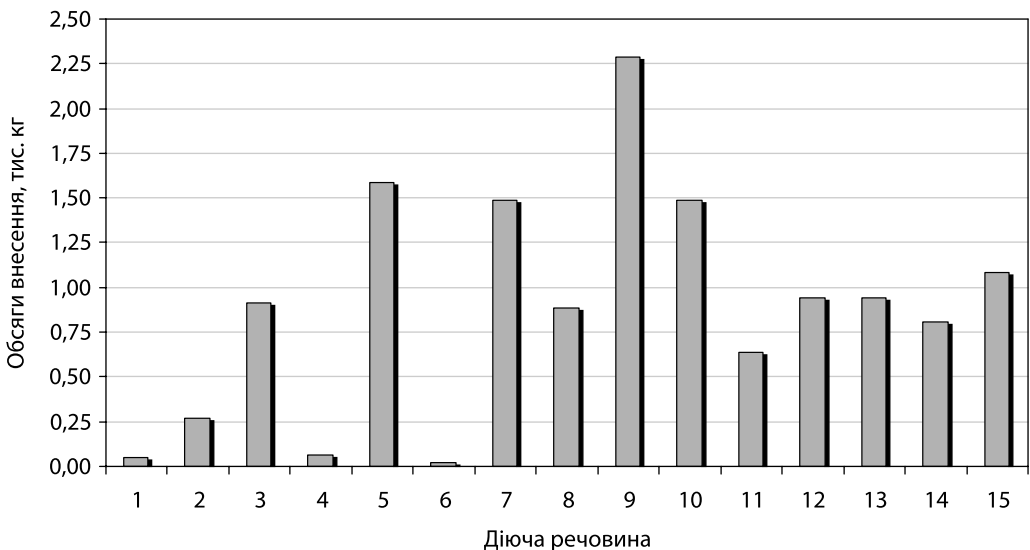
За використання інсектицидів Актара, Альфагард, Енжіо, Карате Зеон Конфідор, Трансформ, Фасток, Ф'юрі в агроценоз вноситься до 50 г/га діючої речовини. Однак серед цих препаратів лише Актара, Енжіо, Конфідор за токсикологічними параметрами є помірно небезпечними (клас небезпечності III), а отже за їх застосування зменшується хімічне навантаження на агроценоз та ймовірність виникнення екологічних ризиків в агроecosystemі.

Для розуміння масштабу потенційної екологічної небезпеки використання інсектицидів було проаналізовано обсяги їх внесення за 2019–2021 рр. Аналіз даних Держстат України засвідчив, що у системі захисту багаторічних насаджень серед досліджених інсектицидів та інсектоакарицидів найбільше вносять препарати на основі діючих речовин: малатіон (2,29 тис. кг), диметоат (1,59 тис.), імідаклоприд (1,49 тис.), пропаргіт (1,49 тис.) і циперметрин (1,11 тис. кг) (рис.). Враховуючи, що пес-

тициди на основі цих діючих речовин у більшості є небезпечними (клас небезпечності II) і їх вносять декілька раз за вегетаційний період, то існує висока ймовірність виникнення екологічних ризиків в агробіоценозах.

Варто відзначити тенденцію до збільшення внесення препаратів із д.р. дельтаметрин, імідаклоприд, лямбда-цигалотрин, малатіон, тіаметоксам і абабектин. Так, наприклад, обсяги внесення препаратів, які містять д.р. абабектин у 2021 р. порівняно з 2019 р. зросли на 65%, тіаметоксам – на 55, імідаклоприд – на 47, дельтаметрин – 35, лямбда-цигалотрин – 30%.

Серед аналізованих хімічних препаратів проти шкідників, які ми досліджували в насадженнях яблуні, більшість є однокомпонентними (17 препаратів або 81%) із діючими речовинами, які належать до 8 хімічних класів: антраніламід, бутеноліди, неонікотиноїди, піретроїди, сульфоксиміни, тетранові кислоти (кетеноли), фосфорорганічні сполуки та інші речовини (табл. 2). Д.р. абабектин, яка є складовою



Обсяг застосованих інсектицидів та інсектоакарицидів за видами діючої речовини під багаторічні культури в Україні [33], середнє за 2019–2021 рр., тис. кг: 1 – абабектин, 2 – альфа-циперметрин, 3 – ацетаміприд, 4 – дельтаметрин, 5 – диметоат, 6 – зета-циперметрин, 7 – імідаклоприд, 8 – лямбда-цигалотрин, 9 – малатіон, 10 – пропаргіт, 11 – тау-флювалінат, 12 – тіаклоприд, 13 – тіаметоксам, 14 – хлорантраніліпрол, 15 – циперметрин

Таблиця 2. Характеристика діючих речовин досліджуваних інсектицидів та інсектоакарицидів*

Діюча речовина	Назва препарату	Стійкість у ґрунті (T ₅₀), діб	ЛД ₅₀ , мг/кг
<i>Антрапіламіди</i>			
Хлорантраніліпрол	Ампліго 150 ЗС, ФК	597	>5000
<i>Бутеноліди</i>			
Флупірадіфуран	Сіванто Прайм 200 SL, РК	57,1	>300
<i>Неонікотинοїди</i>			
Ацетаміпрід	Моспілан, р.п.	1,6	146
Імідаклопрід	Конфідор, в.р.к.	191,0	131
Тіаклопрід	Каліпсо 480 SC к.с., Протеус 110 OD, о.д.	0,88	177
Тіаметоксам	Актара 25 WG, в.г., Енжіо 247 SC, к.с.	50,0	>1563
<i>Піретроїди</i>			
Альфа-циперметрин	Альфагард 100, КЕ, Фастак, к.е.	23,0	40
Дельгаметрин	Протеус 110 OD, о.д.	58,2	87
Зета-циперметрин	Ф'юрі, в.е.	49,0	86
Лямбда-цигалотрин	Ампліго 150 ЗС, ФК, Енжіо 247 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS мк.с.	175,0	56
Тау-флорвалінат	Маврік ВЕ	4,0	546
Циперметрин	Арріво, к.е.	22,1	287
<i>Сульфоксиміни</i>			
Сульфоксафлор	Трансформ, ВГ	2,2	1000
<i>Тетронові кислоти (кетеноли)</i>			
Спіромезифен	Оберон Рапід 240 SC, КС	4,1	>2000
Спіротетрамат	Мовенто 100 SC, КС	0,19	>2000
<i>Фосфорорганічні сполуки</i>			
Диметоат	Бі-58 новий, к.е., Данадим стабільний, КЕ	2,5	245
Малатіон	Фуфанон 570, КЕ	0,17	1778
<i>Інші речовини</i>			
Пропаргіт	Омайт 57%, ЕВ	56	2639

Примітка: *сформовано автором за даними [30].

препарату Оберон Рапід, належить до класу авермектини (біологічні пестициди).

Слід зазначити, що серед досліджуваних препаратів були такі, які недавно з'явилися на ринку України. Вони є інноваційними розробками у сфері захисту рослин від

шкідливих організмів на основі діючих речовин нових хімічних класів. Зокрема, д.р. флупірадіфуран належить до нового хімічного класу бутенолідів, які характеризуються поліпшеними екологічним, а також токсикологічним профілем та без-

печніші для корисних природних хижаків і комах-запилювачів. Д.р. спіромезифен і спіротетрамат представляють новий хімічний клас тетронові кислоти (кетеноли) і також за показниками T_{50} і $ЛД_{50}$ характеризуються як нестійкі і швидко розкладаються в агроценозах. Це робить препарати на основі цих речовин більш перспективними та конкурентоспроможними серед інших пестицидів у сільськогосподарському використанні [33], але їм потребує додаткових досліджень у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

За показником періоду напіврозпаду у ґрунті більшість (83%) діючих речовин досліджуваних препаратів проти шкідників є не стійкими ($T_{50} < 30$ діб) і помірно стійкими (T_{50} 49–58,2 діб) – 55 і 28% відповідно (див. *табл. 2*). До стійких належать д.р. імідаклоприд і лямбда-цигалотрин, період напіврозпаду яких становить 191 і 175 діб відповідно. Ці хімічні сполуки входять до складу препаратів Конфідор, Ампліго, Енжіо, Карате Зеон і можуть зберігатися у ґрунті більше року, тобто мають пролонговану потенційну небезпеку. Дуже стійка з періодом напіврозпаду у ґрунті T_{50} 597 діб є д.р. хлорантраніліпрол – складова препарату Ампліго.

Аналіз показника $ЛД_{50}$ показав, що 56% діючих речовин досліджуваних препаратів є помірно небезпечними (III клас). До них належать д.р. ацетаміприд, диметоат, імідаклоприд, малатіон, сульфоксафлор тау-флювалінат, тіаметоксам, тіаклоприд, флупірадіфуран, циперметрин.

Лише чотири діючі речовини (хлорантраніліпрол, спіромезифен, спіротетрамат, пропаргіт) з $ЛД_{50} > 2000$ мг/кг є мало небезпечними і віднесено до IV класу. Відповідно ці хімічні сполуки є важливою складовою препаратів Ампліго, Оберон Рапід, Мовенто і Омайт.

Найбільш токсичними, а отже небезпечними (II клас) є хімічні речовини з класу піретроїди. Це д.р. дельтаметрин, лямбда-цигалотрин, альфа-циперметрин і зета-циперметрин, для яких значення показника $ЛД_{50}$ знаходились у межах 40–87 мг/кг. Надмірне або неправильне засто-

сування препаратів на їх основі може спричинити негативний вплив на агробіоценоз, у т. ч. нецільові об'єкти, так і небезпеку для здоров'я людини, яка з ними працює або вживає сільськогосподарську продукцію, що містить залишки пестицидів.

Отже, відмова від застосування інсектицидів із високою токсичністю та великими нормами витрати й використання препаратів нового покоління з низькими показниками екоотоксичності й малими нормами витрати дає змогу зменшити хімічне навантаження на агроценоз. Зокрема, особлива увага має бути приділена інсектицидам із хімічного класу піретроїдів, неонікотиноїдів, фосфорорганічних сполук, яким властиві висока токсичність і стійкість у об'єктах навколишнього природного середовища.

Для визначення потенційного ризику використання досліджуваних пестицидів було виявлено їх екоотоксикологічну небезпечність (E) та відповідно ранжовано. Результати досліджень показали, що екоотоксикологічна небезпечність досліджуваних інсектицидів та інсектоакарицидів для агроценозів яблуні на 2–6 порядків нижча, ніж ДДТ (*табл. 3*).

За значенням величини екоотоксу виявлено, що екоотоксикологічний ризик від застосування препаратів на основі д.р. малатіон, сульфоксафлор, спіромезифен, тіаклоприд, спіротетрамат є найменшим. Ці діючі речовини входять до складу препаратів Фуфанон, Трансформ, Оберон Рапід, Каліпсо, Протеус, Мовенто.

На противагу, препарати з д.р. імідаклоприд, диметоат, альфа-циперметрин, зета-циперметрин, пропаргіт, флупірадіфуран, лямбда-цигалотрин мають найвищі показники екоотоксикологічної небезпеки. Ці діючі речовини входять до складу препаратів Конфідор, Данадим стабільний, Бі-58 новий, Альфагард, Фастак, Ф'юрі, Омайт, Сіванто Прайм, Ампліго, Енжіо, Карате Зеон.

Також було проведено оцінювання ступеня небезпечності (S_n) застосування досліджуваних інсектицидів та інсектоакарицидів. За показником токсичності пре-

Таблиця 3. Порівняльна екотоксикологічна небезпечність інсектицидів та інсектоакарацидів за показником екотоксу діючої речовини

Діюча речовина	Екотокс	Ранг за екотоксикологічною небезпечністю
Імідаклоприд	$1,0 \times 10^{-2}$	1
Диметоат	$1,2 \times 10^{-3}$	2
Альфа-циперметрин	$2,1 \times 10^{-3}$	3
Зета-циперметрин	$2,4 \times 10^{-3}$	4
Пропаргіт	$3,5 \times 10^{-3}$	5
Флупірадіфуран	$5,4 \times 10^{-3}$	6
Лямбда-цигалотрин	$8,9 \times 10^{-3}$	7
Тау-флювалінат	$1,5 \times 10^{-4}$	8
Тіаметоксам	$1,6 \times 10^{-4}$	9
Ацетаміпрід	$1,6 \times 10^{-4}$	9
Хлорантраніліпрол	$6,8 \times 10^{-4}$	10
Циперметрин	$8,8 \times 10^{-4}$	11
Дельтаметрин	$9,6 \times 10^{-4}$	12
Малатіон	$1,3 \times 10^{-5}$	13
Сульфоксафлор	$1,6 \times 10^{-5}$	14
Спіромезифен	$4,0 \times 10^{-5}$	15
Тіаклоприд	$8,8 \times 10^{-5}$	16
Спіротетрамат	$3,4 \times 10^{-6}$	17

Таблиця 4. Ступінь небезпечності (C_n) застосування пестицидів проти шкідників

Препарат	Клас небезпечності		C_n	Інтегральний ступінь небезпечності пестицидів
	КА	КБ		
Актара 25 WG, в.г.	IV	I	4	Помірно небезпечний
Альфагард 100, KE	I	I	1	Дуже небезпечний
Ампліго 150 ZC, ФК	III	I	3	Небезпечний
Арріво, к.е.	III	I	3	Небезпечний
Бі-58 новий, к.е.	III	IV	6	Мало небезпечний
Данадим стабільний, KE	III	IV	6	Мало небезпечний
Енжіо 247 SC, к.с.	III	I	3	Небезпечний
Каліпсо 480 SC к.с.	III	IV	6	Мало небезпечний
Карате Зеон 050 CS мк.с.	III	I	3	Небезпечний
Конфідор, в.р.к.	IV	I	4	Помірно небезпечний
Маврік BE	IV	I	4	Помірно небезпечний
Мовенто 100 SC, KC	IV	IV	7	Мало небезпечний
Моспілан, р.п.	II	IV	5	Помірно небезпечний
Оберон Рапід 240 SC, KC	IV	III	7	Мало небезпечний
Омайт 57%, EB	IV	I	4	Помірно небезпечний
Протеус 110 OD, о.д.	III	I	2	Дуже небезпечний
Сіванто Прайм 200 SL, PK	IV	I	3	Небезпечний
Трансформ, ВГ	IV	IV	7	Мало небезпечний
Фастак, к.е.	I	I	1	Дуже небезпечний
Ф'юрі, в.е.	III	I	3	Небезпечний
Фуфанон 570, KE	IV	IV	7	Мало небезпечний

парату (ЛД₅₀) належить клас небезпечно-сті А (КА). Як свідчать дані *табл. 4*, більшість досліджуваних засобів захисту рослин проти шкідників відносяться до помірно і малотоксичних речовин. До високонебезпечних препаратів належить інсектицид Моспілан із показником ЛД₅₀ 146 мг/кг. Дуже небезпечними пестицидами є Альфагард і Фастак — ЛД₅₀ 40 мг/кг.

Клас безпеки пестицидів категорії Б визначають за показником персистентності, біокумуляції в об'єктах навколишнього природного середовища, фітотоксичної дії тощо. Як основний критерій безпеки у цій категорії використовують показник періоду напіврозпаду (Т₅₀). Аналіз досліджуваних пестицидів за цим критерієм показав, що більшість препаратів (62%) є високотійкими хімічними сполуками з періодом напіврозпаду у ґрунті 22–191 діб.

До малостійких препаратів, які повністю розкладаються у ґрунті впродовж 3-х діб, належать Бі-58 новий, Данадим стабільний, Каліпсо, Мовенто, Моспілан, Трансформ, Фуфанон.

Ступінь небезпечності (С_н) досліджуваних препаратів наведено в *табл. 4*. До мало небезпечних (VI–VII ступінь небезпечності) належать препарати Бі-58 новий, Данадим стабільний, Каліпсо, Мовенто, Оберон Рапід, Трансформ, Фуфанон.

За сукупністю екоотоксикологічних і санітарно-гігієнічних показників до небез-

печних (III ступінь) віднесено пестициди Ампліго, Арриво, Енжіо, Карате Зеон, Сіванто Прайм, Ф'юрі, до дуже небезпечних (II ступінь) — Альфагард, Протеус, Фастак.

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу характеристик діючих речовин та препаратів на їх основі за показниками екоотоксикологічної небезпечності (Е) і ступенем небезпечності (С_н), а також з урахуванням екоотоксикологічних і санітарно-гігієнічних показників, встановлено, що застосування препаратів Каліпсо 480 SC к.с., Мовенто 100 SC, КС, Оберон Рапід 240 SC, КС, Трансформ, ВГ, Фуфанон 570, KE із дотриманням рекомендованих норм внесення становить найменшу потенційну небезпеку в агробіоценозах яблуні. Натомість найбільшу небезпеку мають препарати з класу піретроїдів Арриво, к.е., Карате Зеон 050 CS мк.с., Ф'юрі, в.е., Фастак, к.е., а також Альфагард 100, KE і Протеус 110 OD, о.д. Ці препарати є високотоксичними і повільно розкладаються в агробіоценозах і ґрунтах. Ці хімічні препарати для захисту рослин від шкідників необхідно обмежити у застосуванні для зменшення хімічного навантаження на агробіоценоз плодкових культур. Їх використання потребує детальнішої регламентації, нормування та контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tudi M., Ruan H.D., Wang L. et al. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021. Vol. 18 (3). 1112.
2. Мостов'як С.М., Мостов'як І.І., Борзих О.І., Федоренко В.П. Екоотоксикологічна оцінка застосування хімічних засобів захисту рослин від шкідників. *Карантин і захист рослин*. 2022. № 3. С. 3–10.
3. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С. Чинники деградації фітосанітарного стану агроценозів зернових культур Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812>.
4. Musacchi S. and Serra S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 234. P. 409–430.
5. Кравець І.С., Адаменко Д.М. Шкідливий ентомоакарикомплекс промислових насаджень яблуні в Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 85. С. 29–34.
6. Черній А.М. Проблеми фітосанітарного оздоровлення агроєкосистеми плодового саду. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 482–499.
7. Holb I.J., Abonyi F., Vuurma J. and Heijne B. On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop. Protection*. 2017. Vol. 97. P. 109–118.
8. Інтегрований захист плодкових культур: навч. посібн. / за ред. Ю.П. Яновського. Київ: Фенікс, 2015. 646 с.
9. Захист яблуневих садів від шкідників та хвороб: реком. / за ред. В.П. Федоренко та ін. Київ: Колодир, 2011. 32 с.

10. Гунчак М.В. Складова екологізації хімічного захисту яблуневих насаджень. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 94–99.
11. Boesten J.J. From laboratory to field: uses and limitations of pesticide behavior models for the soil/plan system. *Weed Res.* 2000. Vol. 40. P. 27–49.
12. Falavigna V., Porto D., Miotto Y. et al. Evolutionary diversification of galactinol synthases in Rosaceae: adaptive roles of galactinol and raffinose during apple bud dormancy. *Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol. 69(5). P. 1247–1259.
13. Лапа О.М., Дрозда В.Ф., Розова Л.В. та ін. Захист зерняткових садів: практ. реком. Київ, 2014. 101 с.
14. Sanchez-Bayo F. and Wyckhuys K.A.G. Further evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology*. 2021. Vol. 60 (1). P. 9–26.
15. Sharma A., Kumar V., Shahzad B. et al. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Appl. Sci.* 2019. Vol. 1. P. 1446.
16. Баликіна О.Б., Трикоз Н.М., Ягодинська Л.П. Сучасні системи захисту зерняткових плодкових культур від шкідників та хвороб в умовах Криму. *Захист і карантин рослин*. 2006. Вип. 52. С. 333–342.
17. Баликіна О., Черній А. Системи захисту яблуневих садів різного віку від шкідників у Криму. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 31–41.
18. Bernardes M.F.F., Pazin M., Pereira L.C. and Dorta D.J. Toxicology Studies — Cells, Drugs and Environment. IntechOpen; London, UK. *Impact of Pesticides on Environmental and Human Health*. 2015. P. 195–233.
19. Dhuldhaj U.P., Singh R. and Singh V.K. Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023. Vol. 30. P. 9243–9270.
20. Борзих О.І., Бублик Л.І., Гаврилюк Л.Л. Екотоксикологічні параметри безпечного застосування та адаптації хімічних систем захисту яблуні від шкідливих організмів до ґрунтово-кліматичних умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 42–72.
21. Pathak V.M., Verma V.K., Rawat B.S. et al. Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Front Microbiol.* 2022. Vol. 13. 962619.
22. Ju D., Mota-Sanchez D., Fuentes-Contreras E. et al. Insecticide resistance in the *Cydia pomonella* (L.): Global status, mechanisms, and research directions. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2021. Vol. 178. e104925.
23. Bass C., Denholm I., Williamson M.S. and Nauen R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2015. Vol. 121. P. 78–87.
24. Baskar K., Sudha V. and Jayakumar M. Effect of pesticides on pollinators. *MOJ Ecol Environ. Sci.* 2017. Vol. 2 (8). 00052.
25. Ткаченко І., Антоненко А. Оцінка ризику та прогнозування можливості виникнення гострих токсичних ефектів у працівників при роботі з препаратом Оберон Рапід 240 SC, КС. *Український науково-медичний молодіжний журнал*. 2021. № 4 (127). С. 124–128.
26. Стратегія і тактика захисту рослин. Т. 1. Стратегія / за ред. В.П. Федоренка. Київ: Альфа-Стевія, 2012. С. 417–435.
27. Дем'янюк О.С., Шацман Д.О. Агроекологічна та економічна оцінка застосування ґрунтових і страхових гербіцидів при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184147>.
28. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://merg.gov.ua/>.
29. Бублик Л.І., Гаврилюк Л.Л. Методи моніторингу та контролю залишків пестицидів в агроценозах. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 53–66.
30. Pesticide Properties Data Base. URL: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/>.
31. ДСанПІН 8.8.1.002-98. Пестициди. Класифікація за ступенем небезпечності [Чинний від 1998–08–28]. Т. 9. Ч. 1. Київ, 2000. С. 249–266.
32. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>.
33. Ткаченко І.В. Гігієнічна оцінка потенційної еко-токсикологічної небезпечності застосування нового інсектициду спіромезифену у сільському господарстві України. *Довкілля і здоров'я*. 2021. № 4. С. 62–68.

REFERENCES

1. Tudi, M., Ruan, H.D., Wang, L. et al. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (3), 1112 [in English].
2. Mostoviak, S.M., Mostoviak, I.I., Borzykh, O.I. & Fedorenko, V.P. (2022). Ekotoksikologichna otsinka zastosuvannya khimichnykh zasobiv zakhystu roslin vid shkidnykiv [Ecotoxicological assessment of the use of chemical plant protection agents against pests]. *Karantyn i zakhyst roslin – Quarantine and plant protection*, 3, 3–10 [in Ukrainian].
3. Mostoviak, I.I. & Demyanyuk, O.S. (2020). Chynnyky destabilizatsii fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv zernovykh kultur Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Factors of destabilization of the phytosanitary state of agrocenoses of grain crops in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812> [in Ukrainian].
4. Musacchi, S. & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430 [in English].

5. Kravets, I.S. & Adamenko, D.M. (2014). Shkidlyvyi entomoakarykompleks promyslovykh nasadzhennya yabluni v Lisostepu [Harmful entomocary complex of industrial planting of apple trees in Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva — Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 85, 29–34 [in Ukrainian].
6. Chernii, A.M. (2014). Problemy fitosanitarnoho ozdovlennia ahroekosystemy plodovoho sadu [Problems of phytosanitary rehabilitation of the agroecosystem of the orchard]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 60, 482–499 [in Ukrainian].
7. Holb, I.J., Abonyi, F., Buurma, J. & Heijne, B. (2017). On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop Protection*, 97, 109–118 [in English].
8. Yanovskiy, Yu.P. (Ed.). (2015). *Intehrovanyi zakhyst plodovykh kultur: navchalnyi posibnyk [Integrated protection of fruit crops: a study guide]*. Kyiv: Feniks [in Ukrainian].
9. Fedorenko, V.P. (Ed.). (2011). *Zakhyst yablunevykh sadiv vid shkidnykiv ta khvorob. Rekomendatsii [Protection of apple orchards from pests and diseases. Recommendations]*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian].
10. Hunchak, M.V. (2016). Skladova ekolohizatsii khimichnoho zakhystu yablunevykh nasadzhennya [Component of greening of chemical protection of apple orchards]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 62, 94–99 [in Ukrainian].
11. Boesten, J.J. (2000). From laboratory to field: uses and limitations of pesticide behavior models for the soil/plan system. *Weed Res.*, 40, 27–49 [in English].
12. Falavigna, V., Porto, D., Miotto, Y. et al. (2018). Evolutionary diversification of galactinol synthases in Rosaceae: adaptive roles of galactinol and raffinose during apple bud dormancy. *Journal of Experimental Botany*, 69 (5), 1247–1259 [in English].
13. Lapa, O.M., Drozda, V.F., Rozova, L.V. et al. (2014). *Zakhyst zerniatkovykh sadiv: praktichni rekomendatsii [Protection of seed gardens: practical recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
14. Sanchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K.A.G. (2021). Further evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology*, 60 (1), 9–26 [in English].
15. Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B. et al. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN. Appl. Sci.*, 1, 1446 [in English].
16. Balykina, O.B., Trykoz, N.M. & Yahodynska, L.P. (2006). Suchasni systemy zakhystu zerniatkovykh plodovykh kultur vid shkidnykiv ta khvorob v umovakh Krymu [Modern systems of protection of grain fruit crops from pests and diseases in Crimea]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 52, 333–342 [in Ukrainian].
17. Balykina, O. & Chernii, A. (2016). Systemy zakhystu yablunevykh sadiv riznogo viku vid shkidnykiv u Krymu [Systems of protection of apple orchards of different ages from pests in the Crimea]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 62, 31–41 [in Ukrainian].
18. Bernardes, M.F.F., Pazin, M., Pereira, L.C. & Dorta, D.J. (2015). Toxicology Studies — Cells, Drugs and Environment. IntechOpen; London, UK. *Impact of Pesticides on Environmental and Human Health*, 195–233 [in English].
19. Dhuldhaj, U.P., Singh, R. & Singh, V.K. (2023). Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. *Environ Sci. Pollut. Res.*, 30, 9243–9270 [in English].
20. Borzykh, O.I., Bubyk, L.I. & Havryliuk, L.L. (2021). Ekotoksikolohichni parametry bezpechnoho zastovuvannia ta adaptatsii khimichnykh system zakhystu yabluni vid shkidlyvykh orhanizmiv do gruntovo-klimatychnykh umov Peredkarpatskoi provintsii Karpatskoi hirskei zony Ukrainy [Ecotoxicological parameters of safe application and adaptation of chemical systems for the protection of apple trees from harmful organisms to the soil and climatic conditions of the Precarpathian Province of the Carpathian Mountain Zone of Ukraine]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 67, 42–72 [in Ukrainian].
21. Pathak, V.M., Verma, V.K., Rawat, B.S. et al. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Front Microbiol.*, 13, 962619 [in English].
22. Ju, D., Mota-Sanchez, D., Fuentes-Contreras, E. et al. (2021). Insecticide resistance in the *Cydia pomonella* (L.): Global status, mechanisms, and research directions. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 178, e104925 [in English].
23. Bass, C., Denholm, I., Williamson, M.S. & Nauen, R. (2015). The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 121, 78–87 [in English].
24. Baskar, K., Sudha, V. & Jayakumar, M. (2017). Effect of pesticides on pollinators. *MOJ Ecol. Environ. Sci.*, 2 (8), 00052 [in English].
25. Tkachenko, I. & Antonenko, A. (2021). Otsinka ryzyku ta prohnozuvannia mozhlyvosti vynyknennia hostrykh toksychnykh efektyv u pratsivnykiv pry roboti z preparatom Oberon Rapid 240 SC, KC [Risk assessment and prediction of the possibility of acute toxic effects on workers when applying Oberon Rapid 240 SC, KC]. *Ukrainskyi naukovo-medychnyi molodizhnyi zhurnal — Ukrainian scientific medical youth journal*, 4 (127), 124–128 [in Ukrainian].
26. Fedorenko, V.P. (Ed.). (2012). *Stratehiia i taktyka zakhystu roslyn [Strategy and tactics of plant protection]*. (Vol. 1). Kyiv [in Ukrainian].
27. Demyanyuk, O.S. & Shatsman, D.O. (2019). Ahroekolohichna ta ekonomichna otsinka zastovuvannia gruntovykh i strakhovykh herbitsydiv pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Agroecological and economic assessment of the application of soil and post emergent herbicides in the cultivation of corn for grain in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 2, 57–64. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184147> [in Ukrainian].

28. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State list of pesticides and agrochemicals authorized for use in Ukraine]. (n.d.). URL: <https://mepr.gov.ua/> [in Ukrainian].
29. Bublik, L.I. & Gavryliuk, L.L. (2014). Metody monitorynhu ta kontroliu zalyshkiv pestytsydiv v ahrotse- nozakh [Methods for monitoring and control of pes- ticide residues in agrocenoses]. *Zakhyst i karantyn Roslyn – Plant protection and quarantine*, 60, 53–66 [in Ukrainian].
30. Pesticide Properties Data Base. (n.d.). URL: [http:// sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/](http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/) [in English].
31. Pestytsydy. Klasyfikatsiia za stupenem nebezpech- nosti [Pesticides. Classification by degree of danger: approved]. (2000). *DSanPIN 8.8.1.002-98 from 28th August 1998*. Kyiv [in Ukrainian].
32. Derzhavna sluzhba statystryky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). URL: [http://ukrstat.gov. ua](http://ukrstat.gov.ua) [in Ukrainian].
33. Tkachenko, I.V. (2021). Hihienichna otsinka poten- tsiinoi ekotoksykologichnoi nebezpechnosti zastosu- vannia novoho insektytsydu spiromezifenu u silskomu gospodarstvi Ukrainy [Hygienic assessment of poten- tial ecotoxicological risk of the use of new insecticide spiromesifen in agriculture of Ukraine]. *Dovkillia i zdorov'ia – Environment & Health*, 4, 62–68 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.05.2023
