

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ СУЧАСНИХ ГЕРБІЦИДІВ В АГРОТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Л.І. Моклячук

*доктор сільськогосподарських наук, професор
завідувач відділу екотоксикології*

А.М. Ліщук

*кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
завідувач лабораторії реабілітації ґрунтів*

Г.Д. Матусевич

*кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник лабораторії реабілітації ґрунтів*

О.П. Мельничук

провідний фахівець лабораторії реабілітації ґрунтів

Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто проблему комплексного застосування сучасних гербіцидів у бакових сумішах для хімічного захисту зернових сільськогосподарських культур. Розроблено таблицю сумісності сучасних гербіцидів, які застосовують при компонуванні бакових сумішей у агротехнологіях вирощування зернових культур. Сформульовано критерії оцінювання екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів в агротехнологіях.

Ключові слова: пестициди, гербіциди, екологічні ризики, зернові сільськогосподарські культури.

Актуальною проблемою сучасної агро-екології є розроблення науково обґрунтованих критеріїв оцінювання екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів в агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур. Особливістю сільського господарства України є надзвичайно висока різноманітність агроекологічних умов, які зумовлюють певні екологічні обмеження на допустимий асортимент і умови застосування пестицидів. Розвиток сучасних агротехнологій супроводжується появою більшої кількості нових пестицидів як вітчизняного, так і закордонного виробництва.

У практиці хімічного методу захисту рослин від бур'янів, хвороб та шкідників сільськогосподарських культур перспективним заходом є комплексне застосування гербіцидів, фунгіцидів, стимуляторів росту, добрив і мікроелементів у бакових сумішах. Такі заходи використовують з метою підвищення токсичності компонентів, поліпшення фізичних властивостей робочої рідини, розширення діапазону захисної й довготривалої дії препаратів, зменшення норм їхніх витрат, скорочення кількості обробок, посилення стимулюючої дії на рослину, усунення негативної післядії хімічних обробок (запобігання розвитку резистентних популяцій шкідливих організмів) [1–3].

Дослідженню проблеми комплексного застосування засобів хімічного захисту рослин присвячено праці таких видатних вчених, як Н.Н. Апаєва, Г.И. Вауліна, О.В. Тимофєєв, В.Ф. Ладонін, І.А. Прищєпа, Ю.Б. Шуровєнков та інші, які наголошують, що сумісність компонентів бакових сумішей — одне з ключових питань захисту сільськогосподарських культур. Загальновідомо, що, незважаючи на те, що більшість гербіцидів нового покоління є ідеальними компонентами для бакових сумішей, необхідно обов'язково проводити попередню перевірку препаратів на сумісність та оцінку фітотоксичності отриманої суміші щодо сільськогосподарської культури. Вирощування зернових сільськогосподарських культур за сучасними технологіями передбачає багаторазове застосування хімічних пестицидів для захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів. Проте комплексне застосування пестицидів при недостатньому контролі якості може призвести до отримання продуктів невідомої токсичності та до непередбачуваних наслідків [4, 5].

Аналіз сучасних вітчизняних і закордонних літературних джерел показав, що доступної та зручної інформації для виробника про те, які пестициди можна використовувати в бакових сумішах при вирощуванні зернових культур дуже мало. Тому виникла необхідність

розробити нову концепцію, спрямовану на оцінювання екологічних ризиків унаслідок застосування пестицидних сполук в агротехнологіях при вирощуванні зернових культур, усунення антагонізму між екологічною та економічною ефективністю господарської діяльності людини при створенні стійкого та продуктивного агроценозу, що виключає забруднення навколишнього природного середовища.

У цій статті показано дослідження екоотоксикологічних особливостей застосування комплексів сучасних гербіцидів в агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур з метою запобігання виникненню небезпеки загрози забруднення навколишнього природного середовища та здоров'я людей.

Останніми роками асортимент засобів хімічного захисту сільськогосподарських рослин суттєво розширився та змінився. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, щорічна технологічна потреба сільгоспвиробників у засобах захисту рослин у середньому становить 33–35 тис. препаратів. При цьому зі збільшенням потреби в засобах захисту зростає їхній асортимент, в Україні щорічно проходять реєстрацію десятки нових препаратів. Станом на 2014 р., «Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» (далі — Перелік) включає 2145 препаратів [6]. Тому об'єктом нашого дослідження є сучасні гербіциди, які активно застосовують в агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур при компонуванні бакових сумішей.

Проведений аналіз показав, що, станом на 2014 р., Перелік налічує 689 препаратів гербіцидів вітчизняного і закордонного виробництва, з них виділено 346 препаратів, які застосовують на зернових сільськогосподарських культурах. Для зручності проведення подальшої роботи ми обмежилися трьома основними видами злаків: пшениця, жито та ячмінь і виокремили з проаналізованих препаратів саме ті, які за складом діючої речовини належать до однокомпонентних гербіцидів. Таким чином, кількість досліджуваних гербіцидів звузили до 21, які проаналізовано за хімічним складом діючих речовин, класами токсичності; вивчено їхні фізичні, хімічні та токсикологічні властивості; оцінено їхню фізико-хімічну придатність до використання в бакових сумішах та застереження щодо їхнього сумісного використання.

За отриманими результатами проведеної роботи розроблено таблицю сумісності діючих речовин гербіцидів у бакових сумішах, які застосовують при вирощуванні зернових культур (табл. 1). Таблиця сумісності містить інформацію про належність гербіциду до тієї чи іншої

хімічної групи, механізм дії, характер дії на шкідливі організми, придатність до використання в бакових сумішах, застереження/рекомендації щодо сумісного застосування. У статті розміщено фрагмент такої таблиці, де на прикладі декількох діючих речовин гербіцидів наведено результати проведеної роботи (див. табл. 1).

Окрім того, розроблено таблиці, що містять інформацію про характеристику діючої речовини гербіциду, його структурну формулу, клас небезпечності, культуру, що обробляється, та об'єкт, проти якого застосовується гербіцид, наведено повний перелік препаратів вітчизняного та закордонного виробництва, які містять певну діючу речовину. Декілька прикладів проведеної роботи наведено в табл. 2.

У класифікації пестицидів за хімічним складом виділяють групи, залежні від певних елементів, функціональних груп або радикалів, що входять до цих речовин. З опрацьованих нами 21 гербіциду встановлено їхню належність до 11 хімічних груп: похідні алілоксіалканкарбонових кислот (феноксіоцтової та феноксипропіонової); бензойної кислоти; піридинкарбонової кислоти; триазинів; піридинілу; фенілпіразоліни, бензотриазини, гліцини; триаліони, дикарбоксиміди.

Раніше для виробників надавали таблиці сумісності препаратів. Зараз, коли на ринку засобів захисту рослин стало в декілька разів більше, таких таблиць майже немає або ж вони здебільшого застарілі чи малоінформативні. Звісно, кожний препарат гербіциду як українських, так і зарубіжних компаній-виробників, має тарну етикетку, яка дає повну його характеристику, в тому числі й рекомендації щодо сумісного застосування. Проте запропоновані нами таблиці сумісності розроблено саме з метою зручності для користувача. Переваги запропонованої таблиці полягають у тому, що, по-перше, в ній скомпоновано всі існуючі в Переліку препарати сучасних гербіцидів, які містять певну діючу речовину; по-друге, виокремлено список гербіцидів, які можна застосовувати саме на зернових культурах; по-третє, таблиця містить рекомендації/застереження застосування діючої речовини гербіциду з іншими класами пестицидів і навіть з мінеральними добривами. З повним змістом запропонованих таблиць можна ознайомитись у розроблених у нашій лабораторії методичних рекомендаціях [9].

За рекомендаціями кваліфікованих фахівців, запорукою ефективного та безпечного змішування препаратів для приготування бакових сумішей не варто покладатись на власний досвід чи рекомендації компанії-виробника, оскільки

навіть однойменні препарати, вироблені на різних заводах, відрізняються за складом наповнювачів, відсотковим вмістом діючих речовин та співвідношенням допоміжних речовин, які можуть стати причиною непридатності їхньої суміші. Гарантом ефективності кожної з бакових сумішей на певній культурі і за певних умов є проведена фахівцями перевірка сумісності їхніх компонентів та пробні обробки посівів [3, 4, 10]. Тому рекомендовано дуже ретельно виконувати всі інструкції щодо правил приготування робочих розчинів, дотримуватися точних пропорцій компонентів у бакових сумішах і умов проведення обприскування. Детально такі інструкції наведено в Науково-методичних рекомендаціях з екоотоксикологічної оцінки синергізму та антагонізму пестицидних сполук, рекомендованих для застосування в агротехнологіях для захисту овочевих культур [10].

Як згадувалося раніше, застосування багатокомпонентних сумішей пестицидів у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур може призвести до отримання продуктів невідомої токсичності та до непередбачуваних наслідків. Тому досить актуальним питанням є розроблення критеріїв оцінювання екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів у агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур.

Оцінка екологічного ризику являє собою процедуру виявлення одного або декількох стресових для екосистеми факторів і визначення ймовірності їхнього небезпечного впливу на сукупність живих організмів, включаючи людину. Критеріями оцінювання екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів можуть бути кількість, фізико-хімічні властивості, токсикологічні та гігієнічні характеристики окремих токсичних інгредієнтів, що входять до бакових сумішей, які внаслідок застосування в агротехнологіях вирощування сільськогосподарських культур акумулюються в компонентах навколишнього природного середовища. Важливими також є критерії ступеня забрудненості ґрунту для кожного окремого пестициду, а саме — гранично допус-

Таблиця 1

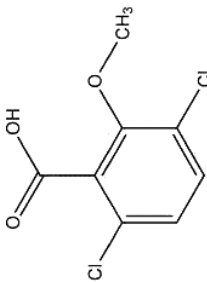
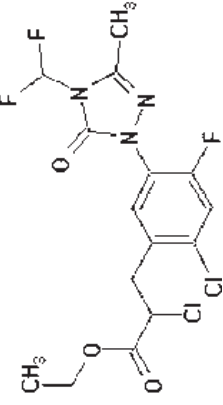
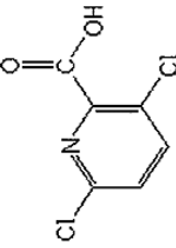
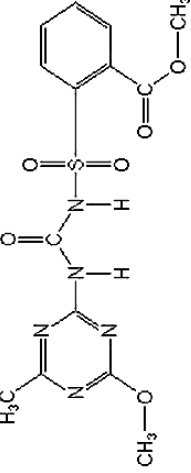
Сумісність гербіцидів у бакових сумішах для застосування на зернових культурах

| Гербіцид (діюча речовина) | Механізм дії | Хімічна група (похідні) | Характер дії на шкідливі організми | Придатність для бакових сумішей | Рекомендації/застереження щодо сумісного застосування |
|---------------------------|--|--------------------------|---|---|--|
| Метсульфурон-метил | Інгібує фермент ацетолактат синтази, який бере участь у біосинтезі незамінних амінокислот: ізолейцину, лейцину, валіну | Сульфонілсечовини | Системний гербіцид вибіркової дії | Сумісний з більшістю пестицидів та рідких добрив | Не слід використовувати бакові суміші або послідовно використовувати препаратів з фосфорорганічними інсектицидами та малатином |
| Дикамба та її солі | Синтетичні ауксини, що діють як індолил-оцтова кислота. Порушує гормональний баланс, прискорює швидкість синтезу і концентрацію РНК, прискорює синтез ліпідів і білка в клітинах, уповільнює процеси фотосинтезу | Бензойні кислоти | Селективний гербіцид листової і ґрунтової дії | Сумісний з багатьма гербіцидами, фунгіцидами та інсектицидами, окрім лужних | Оптимальними партнерами є препарати з груп 2,4-Д, сульфонілсечовин, триазинів, гліфосатів |
| Клопіралід | | Піридинкарбонові кислоти | Системний гербіцид вибіркової дії | Сумісний з більшістю пестицидів, регуляторами росту рослин та рідкими добривами | Не рекомендується застосовувати в бакових сумішах з препаратами на основі сульфонілсечовини |
| Карфентразон-етил | Руйнує мембрани внаслідок інгібування протопорфіриноген-оксидази. Порушує синтез хлорофілу | Триаліни | Контактний гербіцид вибіркової дії | Сумісний з препаратами на основі трибенуронметилу | Немає |

Джерело: сформовано на основі [6, 7, 8].

Таблиця 2

Характеристика гербіцидів, дозволених до застосування на зернових культурах (пшениця, жито, ячмінь)

| Пестицид (діюча речовина) | Структурна формула | Препарат | Культура, що обробляється | Об'єкт, проти якого обробляється | Клас небезпечності* |
|---------------------------|---|---|---|--|---------------------|
| Дикамба та її солі |  | Агродикамба, Альфа-Дикамба, Банвел 4S 480 SL, Барель, Д-Камба SL, Декада, Диканіг, Дікбан, Діплодок, Штефамба | Пшениця озима та яра, жито, ячмінь | Однорічні та багаторічні злакові та дво-дольні бур'яни | III |
| Карфентразон-етил |  | Аврора 40 | Пшениця озима та яра, ячмінь ярий | Однорічні та деякі багаторічні дводольні, в т.ч. стійкі до 2,4-Д, бур'яни | III |
| Клопіралід |  | Вільямс, Зефір 300, Леґіон, Лонтрел Гранд, Лонтрел 300, Лукар-7 | Пшениця озима та яра, ячмінь ярий | Однорічні дво-дольні, в т.ч. стійкі до 2,4-Д, та багаторічні коренепааросткові бур'яни | III |
| Метсульфурон-метил |  | Гальмет 20 SG, Гербілан Плюс, Екзіт, Ларен Про 60, Лінкор 60 WG, Магнум, Меззо, Меркурій, Сарацин | Пшениця озима та яра, ячмінь озимий та ярий | Однорічні та деякі багаторічні дводольні, в т.ч. стійкі до 2,4-Д, бур'яни | III |

Примітка: Згідно з класифікацією ВООЗ: клас I — надзвичайно небезпечні; клас II — дуже небезпечні; клас III — помірно небезпечні; клас IV — малонебезпечні.

тима концентрація та шляхи впливу на організм при надходженні в ґрунт, рослину чи організм людини. Усі ці фактори слід враховувати при визначенні кінцевих цілей застосування комплексів пестицидів.

Результати отриманих попередньо досліджень дали нам змогу сформулювати критерії оцінки екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів в агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур. Ці критерії розроблено з метою визначення оцінки впливу комплексів пестицидів та їх метаболітів на навколишнє природне середовище з урахуванням впливу методів і засобів протягом усього виробничого циклу їх використання, можливості виникнення та вірогідних масштабів наслідків негативного впливу на довкілля при поводженні комплексів пестицидів у відкритій системі на підставі незалежних експериментальних досліджень і достовірних даних вивчення такого впливу для кожного конкретного пестициду, його передбачуваного використання та ймовірного потенційного приймаючого середовища.

Отже, екологічні ризики застосування комплексів пестицидів в агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур слід оцінювати за такими основними критеріями:

1) безпечність і здатність до деструкції пестицидів і їх метаболітів, фактори, що впливають на них. Ймовірність прояву непередбачуваних наслідків, шляхи усунення загрози забруднення навколишнього природного середовища та запобігання виникненню небезпеки для здоров'я людей;

2) безпечність пестицидів для навколишнього природного середовища, включаючи вплив на біохімічні та біогеохімічні цикли в процесах їхнього розкладання у ґрунті;

3) безпечність пестицидів для тварин з урахуванням можливого негайного та/або віддаленого впливу на здоров'я тварин та наслідків для трофічного ланцюга, який походить від вживання пестицидів з їжею;

4) вивченість взаємодії між компонентами бакових сумішей і їхнього впливу на екосистему, на якій заплановане застосування;

5) наявність методів і методик ідентифікації пестицидів, розроблених за міжнародними стандартами та затверджених в установленому порядку в Україні, а також методів виявлення та визначення пестицидів в об'єктах навколишнього природного середовища;

6) наявність інструкцій з використання пестицидів у бакових сумішах та методів, що гарантують екологічну безпеку в процесі ви-

робничого циклу, оброблення, зберігання, транспортування;

7) наявність планів запобіжних і ліквідаційних заходів щодо захисту навколишнього природного середовища в разі виникнення надзвичайної ситуації внаслідок небажаного впливу пестициду на довкілля.

ВИСНОВКИ

Розроблено таблицю сумісності сучасних гербіцидів, що застосовуються на зернових культурах, в основі якої лежить інформація про належність гербіциду до певної хімічної групи, механізм дії, характер дії на шкідливі організми, придатність до використання в бакових сумішах, застереження/рекомендації щодо сумісного застосування.

Сформульовано критерії оцінювання екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів в агротехнологіях вирощування зернових сільськогосподарських культур, що дає можливість уникнути ймовірності прояву непередбачуваних наслідків, загрози забруднення навколишнього природного середовища та виникнення небезпеки для здоров'я людей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Апаева Н.Н.* Комплексное применение агрохимикатов / Н.Н. Апаева, О.Г. Свинина, Э.М. Шарипова, Г.С. Марьян // Защита и карантин растений. — 1999. — № 8. — С. 24.
2. *Ваулина Г.И.* Комплексное применение средств химизации / Г.И. Ваулина, О.В. Тимофеев // Защита и карантин растений. — 2001. — № 9. — С. 23.
3. *Ладонин В.Ф.* Проблемы комплексного применения средств химизации в земледелии // Земледелие. — 2000. — № 3. — С. 12–13.
4. *Прищепя И.А.* Применение баковых смесей средств химизации // Агрохимия. — 1998. — № 3. — С. 78–86.
5. *Шуровенков Ю.Б.* Результаты изучения баковых смесей / Ю.Б. Шуровенков, Е.И. Хрюкина // Защита и карантин растений. — 2002. — № 3. — 26 с.
6. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні на 2014 рік. — К.: Юнівест Медіа, 2014. — 832 с.
7. *Ракитский В.Н.* Справочник по пестицидам (токсиколого-гигиеническая характеристика). — Вып. 1. Под ред. акад. РАМН В.Н. Ракитского. — М.: Агрорус, 2011. — 960 с.
8. Классификация гербицидов WSSA. — Электронный ресурс: <http://greenswer.com>
9. Науково-методичні рекомендації з оцінки екологічних ризиків застосування комплексів пестицидів в агротехнологіях. — К., 2014. — 23 с.
10. Науково-методичні рекомендації з екоотоксикологічної оцінки синергізму та антагонізму пестицидних сполук, рекомендованих для застосування в агротехнологіях для захисту овочевих культур. — К. — 2011. — 35 с.