



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 632.9: 631.5

© 2022

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІСЛЯДІЇ ГЕРБИЦИДІВ НА ОСНОВНІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ

О.І. Борзих¹, В.Г. Сергієнко², І.М. Сторчоус³

¹доктор сільськогосподарських наук, академік НААН

^{2,3}кандидати сільськогосподарських наук

Інститут захисту рослин НААН

вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна

e-mail: ¹borzykh@ipp.gov.ua, ²v-serg@ukr.net, ³igor_storchous@ukr.net

ORCID: ¹0000-3002-9802-5622, ²0000-0003-4386-9307, ³0000-0002-4370-9381

Надійшла 20.01.2022

Мета. Дослідити та оцінити характерні ознаки і наслідки впливу післядії гербіцидів на основні сільськогосподарські культури. **Методи.** Інформаційно-аналітичний (збір матеріалів та аналіз літературних джерел), польові (закладання дослідів, проведення обліків, збирання врожаю), хімічні (визначення залишкових кількостей пестицидів), математико-статистичний (обробка результатів досліджень) **Результати.** Технічна ефективність гербіцидів Логран 75 WG, в.г. (триасульфурон, 750 г/кг), 10 г/га; Стобоб, р.к. (імазетапір, 50 г/л + бентазон, 400 г/л), 1,2 л/га; Євро-Лайтнінг[®], в.р. (імазамокс, 33 г/л + імазапір, 15 г/л), 1,2 л/га; Команд, 48 к.е. (кломазон, 480 г/л), 0,2 л/га, які застосовували на посівах відповідно ячменю ярого, сої, соняшнику та ріпаку озимого проти широкого спектра 2-дольних і злакових бур'янів була на високому рівні: через 60 днів після внесення вона становила 90 – 98%. Залишкових кількостей діючих речовин досліджуваних гербіцидів у ґрунті не виявлено, або вони були в межах гранично допустимих концентрацій. Більшість із досліджуваних гербіцидів не мали негативного впливу на наступні культури в сівозміні. Гербіцид Євро-Лайтнінг[®], в.р. попри відсутність залишкових кількостей у ґрунті призводив до пригнічення росту культур, їх розвитку та зниження продуктивності. Найчутливішими виявилися буряки цукрові, гречка та соняшник: урожайність цих культур знизилася на 29,3%; 27,6 і 26,0% відповідно. **Висновки.** Усі досліджувані гербіциди похідних імідазолінонів (Стобоб, р.к., 1,2 л/га, Євро-Лайтнінг[®], в.р., 1,2 л/га), сульфонілсечовини (Логран 75 WG, в.г., 10 г/га) та препарату Команд, 48 к.е., 0,2 л/га ефективно контролювали широкий спектр бур'янів у посівах сільськогосподарських культур. Залишкові кількості гербіцидів у ґрунті не перевищували гранично допустимі концентрації. Фітотоксичності та побіч-

них впливів на наступні культури в сівозміні в більшості гербіцидів у рекомендованих нормах витрати не виявлено. Негативний вплив на культури мав гербіцид Євро-Лайтнінг®, в.р., 1,2 л/га — рослини відставали в рості та мали нижчу врожайність порівняно з контролем.

Ключові слова: пестициди, залишкова кількість, чутливість культур, розвиток рослин, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-04>

Застосування засобів захисту рослин для контролю шкідливих організмів є невід'ємною складовою сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Шкодочинність бур'янів у посівах агрокультур — найбільш економічно важливий фактор порівняно із шкодочинністю всіх інших чинників. Про це свідчить аналіз продажу гербіцидів у всьому світі. Щороку на поля планети вносять близько 400 млн т мінеральних добрив і понад 2 млн т хімічних засобів захисту рослин. В Україні обсяг застосування засобів захисту рослин із розрахунку активної речовини в 2020 р. становив 23 тис. т [1].

Хімічний метод, крім високої ефективності, має низку істотних екологічних недоліків. Постійно зростаюче застосування пестицидів призводить до забруднення довкілля, накопичення їх у продукції рослинництва, появи стійких штамів і популяцій шкідливих організмів тощо. Побічні ефекти, спричинені широким і нераціональним використанням гербіцидів, загрожують довкіллю та здоров'ю людей [2]. Хімічна структура гербіцидів у природі досить повільно руйнується, що зумовлює його накопичення в ґрунті та навколишньому середовищі [3, 4]. У будь-якої активної речовини навіть після найретельнішої перевірки згодом можуть проявитися шкідливі властивості [3, 5].

Залишки окремих біологічно активних речовин можуть зберігатися в ґрунті впродовж кількох років, негативно впливаючи на наступні культури в сівозміні. Це явище отримало назву «післядія гербіцидів», а точніше «негативна післядія гербіцидів». Післядія гербіциду — це вплив залишків гербіцидів, застосовуваних у попередні вегетаційні періоди, та їх метаболітів на стан ґрунту, рослини культур і сегетальну рослинність. Гербіциди належать до надзвичайно силь-

них біологічно активних речовин і мають різний період розкладання.

За результатами досліджень авторів [6] встановлено, що, крім фітотоксичності, пестициди мають і приховану токсичність їхніх залишків у ґрунті щодо культур, вирощуваних після кукурудзи (овса, соняшнику). Саме залишки пестицидів через рік після застосування спричиняли не лише зниження майже в усіх варіантах урожаю культур, а й погіршення в деяких випадках фізичного стану рослин. Вплив післядії гербіцидів на зниження врожайності був помітним навіть у тих випадках, коли залишки не перевищували гранично допустимих концентрацій.

Прихована токсичність гербіцидів може призводити до зміни фізичних і біохімічних показників урожаю деяких культур. Як зазначають автори [7], під впливом гербіцидів Харнес, 90% к.е. (ацетохлор), норма витрати 2,5 л/га, Пропоніт, 96% к.е. (пропізохлор), 2 л/га, МайсТер, 62% в.г. (форамсульфурон + йодсульфуронметил натрію + карбазон-метил + антидот ізоксадифенетил), 150 г/га + прилипач Біо Плауер, 1,25 л/га і Стеллар, 21% в.р. (топрамезон + дикамба), 1,25 л/га + прилипач Метолат, 1,25 г/л відбувалося зменшення маси насіння і вмісту водорозчинних білків гібрида кукурудзи Оржиця 237 МВ. Гербіциди спричиняють стрес у рослин, унаслідок чого відбувається гідроліз білків до амонію, який стає токсичним і примушує рослину продукувати гормони стресу — етилен та абсцизову кислоту.

За результатами досліджень ряду вчених про вплив препарату на основі діючої речовини ацетохлор на ріст, фізіологію та врожайність сільськогосподарських культур у сівозмінах сої й арахісу встановлено, що висота рослин, кількість гілок, маса 1000 зерен і врожайність сої значно зменшувалися,

а кількість порожніх стручків значно збільшувалася. Аналізуючи дані врожайності, отримані впродовж 12-ти років досліджень, визначено, що внаслідок тривалого застосування ацетохлору врожайність арахісу та сої знижувалася порівняно з ділянками, де бур'яни контролювали механічним способом, у середньому на 3,8–13,1% [8].

Із ростом обсягів застосування й асортименту гербіцидів ризик післядії значно збільшується. Післядія властива ґрунтовим гербіцидам і тим, які застосовують на вегетуючих рослинах. Так, за даними авторів [9], зниження врожайності соняшнику спостерігалось внаслідок чутливості культури до дії низки гербіцидів, що призводило до зменшення висоти рослин, розміру кошиків, їхньої озерненості. Найбільше показники врожайності зменшувалися під час обробки посівів гербіцидами Діален супер 464 SL, в. р. к. (дикамба, 120 г/л, + 2,4-Д диметилмінної солі, 344 г/л) — на 74,5%, Естерон 60, KE (2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота, 2-етилгексилловий ефір) — на 63,6%, Банвел, 4S 480 SL (дикамба) — 62,6% та Лінтур, 70 WG, в.г. (дикамба+триасульфурон) — 51,4% [9].

Вплив гербіцидів на рослини можна виявляти дистанційно за допомогою інформаційних технологій, зокрема спектрального дистанційного зондування. Використовуючи індикатори стресу, а саме RRLgr, дослідникам вдалося провести моніторинг посівів ріпаку озимого у фазі 6–8-ми листків і виявити аномальне забарвлення листків після внесення гербіцидів. Це стало підставою для додаткового наземного обстеження виявлених нетипових ділянок посівів [10].

Наявність післядії підтверджена для гербіцидів похідних імідазолінонів і сульфонілсечовини. Гербіциди цих похідних належать до препаратів вибіркової та суцільної дій із високою біологічною активністю. Вони добре поглинаються кореневою системою та листовими апаратами рослин, транслюються ксилемою і флоемою, накопичуючись у точках росту. Перевага похідних сульфонілсечовини порівняно з іншими хімічними класами гербіцидів полягає в тому, що вони за низьких норм витрати мають високу біологічну активність, широкий спектр гербіцидної дії і різко виражену

селективність. За норм витрати 5–100 г/га (за діючою речовиною) гербіциди — похідні сульфонілсечовини (хлорсульфурон, метсульфуронметил, амідосульфурон, метсульфурон, триасульфурон, трітосульфурон, сульфометурон, сульфометуронметил, хлорімуронетил) ефективні під час досходового і післясходового застосування проти більшості широколистяних бур'янів, однорічних і багаторічних трав на посівах зернових культур, рису, льону, сої тощо. Селективність гербіцидів зумовлена здатністю стійких культур швидко інактивувати гербіцидну молекулу, тоді як чутливі бур'яни такої здатності не мають. Тому вони майже відразу припиняють ріст і більше не є конкурентами культурним рослинам за процеси життєздатності [11, 12].

Водночас недоліком цієї групи речовин є те, що деякі похідні сульфонілсечовини мають ефект післядії на низці сільськогосподарських культур: ріпаку олійному, буряку цукровому, кукурудзі, що висівають у сівозміні за зерновими через рік і більше [11, 13]. За даними авторів [11], прихована токсичність залишкових кількостей деяких гербіцидів похідних сульфонілсечовини в ґрунті призводила до зниження (на 15–25%) врожаю сільськогосподарських культур унаслідок пригнічення метаболізму ще на ферментативному рівні. Візуально помітними зовнішні зміни (пожовтіння і деформації листя, викривлення та потоншення стебел) були лише на рівні 40–45% зниження біомаси культури. Відрізнити ці приховані зміни вдалося лише порівнянням із іншими рослинами, вирощеними на незабрудненому гербіцидами ґрунті [11].

Похідні сульфонілсечовини дуже різняться за періодом напіврозпаду в ґрунті, і деякі з них можуть впливати на ріст подальших чутливих культур у сівозміні. Це залежить від рельєфу, типу ґрунтів, їхніх фізико-хімічних властивостей, гідротермічного режиму середовища і характеру антропогенної дії на агроєкосистеми [11, 13]. Основні фактори, які впливають на стійкість залишкових кількостей гербіцидів, групують за гербіцидними характеристиками, характеристиками ґрунту та умовами навколишнього середовища. Розуміння того, як ці фактори взаємодіють, може сприяти запобіганню

перенесення (перерозподілу) гербіцидів. Висока екологічна безпека пестицидів полягає в їхній стійкості до розкладання і здатності акумулюватися в організмах, пов'язаних трофічними зв'язками [3, 14].

Особливо чутливими до дії сульфонілсечовини є сояшник, буряки цукрові і ріпак. За даними авторів [15, 16], буряки цукрові є дуже зручним видом для використання їх як біоіндикатора в експериментах із біоаналізу для визначення побічних ефектів римсульфурону та інших похідних сульфонілсечовини за низьких норм концентрації.

Залишкові кількості метсульфурон-метилу в ґрунті негативно впливали на посіви гречки, ріпаку, буряків цукрових, проса, сорго, льону, сояшнику. Препарати на основі трибенурон-метилу не мали післядії на наступні культури сівозміни. Під час досліджень упродовж вегетаційного сезону як другої культури висівали сою, овочеві культури тощо. Тобто попри однаковий механізм впливу діючої речовини з цих похідних неоднаково довго зберігалися в ґрунті, зокрема у різних типах ґрунтів. З найбільш довготривалою післядією дослідниками було визначено такі діючі речовини: хлорсульфурон, метсульфурон-метил, триасульфурон, тритосульфурон, сульфметурон-метил, просульфурон і римсульфарон [13, 14]. Авторами було зафіксовано відсутність післядії хлорсульфурону і метсульфурон-метилу лише під час їх застосування з нормою витрати, яка не перевищує 10,0 г/га. Відзначали, що ці діючі речовини досить швидко розкладалися в умовах кислого середовища, а в нейтральних і лужних ґрунтах зберігалися тривалий час і виявляли негативний вплив на наступні культури сівозміни. Більшість гербіцидів не слід застосовувати на ґрунтах із рівнем рН вище 5,6, а гербіцид Лінтур — на ґрунтах із рівнем рН понад 7, або на полях, де проведено вапнування. Обробіток ґрунту також впливає на післядію гербіцидів. Якісний обробіток ґрунту за проведення відвальної оранки з передплужником на глибину не менше 15 см дає змогу краще перемішати і розподілити в ґрунті залишки діючої речовини, що запобігає їх накопиченню у верхньому шарі ґрунту [12, 13]. Після пересівання культур післядії гербіцидів залежала від

багатьох факторів і посилювалася за умов використання максимальних норм витрати препаратів із рекомендованих за посушливих погодних умов після їх застосування, які могли уповільнювати розкладання діючих речовин. Слід чергувати використання в сівозміні відносно стійких препаратів і гербіцидів із коротким періодом повного розкладання.

Препарати похідних сульфонілсечовини активно застосовують у чистому вигляді і бакових сумішах із нормою витрати вдвічі меншою, що відповідно має зменшувати й ризик післядії за наявності певних факторів, таких, як волога (особливо після зимового періоду) і кисла реакція ґрунтів [11]. Суміш гербіцидів сульфосульфурон + метсульфурон або клодинафоп + метсульфурон може бути корисною для зменшення залишків гербіцидів у ґрунті та запобігання або уповільнення розвитку бур'янів, стійких до гербіцидів [17].

Не лише похідні сульфосечовини проявляють післядію на наступні культури в сівозміні, а й представники хімічного класу гербіцидів похідних піридинкарбонової кислоти (піклорам, амінопіралід і клопіралід) можуть бути небезпечними для чутливих видів рослин, скажімо гороху посівного [18]. Такий ефект мають також гербіциди, похідні імідазоліонів (імазаметабенз, імазамокс, імазапир, імазетапир). Багатьма дослідженнями встановлено, що діючі речовини гербіцидів похідних імідазоліонів зберігаються в ґрунті від кількох тижнів до кількох місяців після застосування. Так, діючі речовини гербіциду Євро-Лайтнінг® в. р. (імазамокс, 33 г/л + імазапир, 15 г/л), норма витрати 1,0–1,2 л/га, призначеному для застосування в посівах сояшнику (система Clearfield®), починали розкладання в ґрунті за температури вище 10°C і пришвидшували його за умов підвищення температури. Післядія гербіциду Євро-Лайтнінг® посилювалася зі зниженням рівня рН у ґрунті. Чим нижче рН, тим вищий ризик післядії [19]. Тривалий період надто низьких температур також підвищував ризик для наступної чутливої культури в сівозміні [11, 19].

Післядія гербіцидів у ґрунті визначається в основному 3-ма чинниками: адсорбцією, розкладанням і міграцією (переміщенням), які залежать від ґрунтово-кліматичних,

агротехнічних умов та властивостей самого препарату. Значною мірою фітотоксичний вплив гербіцидів залежить від властивостей ґрунту: механічного складу, кислотності, умісту гумусу, вологи, температури. Щоб уникнути негативних наслідків впливу гербіцидів або звести їх до мінімуму, слід ураховувати умови, які сприяють їх детоксикації та інактивації [20]. Процес детоксикації, тобто перетворення фізіологічно активних сполук на нетоксичні, відбувається під впливом фізичних, фізико-хімічних і біологічних чинників. До них належать термічне і фотохімічне розкладання гербіцидів, гідроліз та інші хімічні перетворення, активність мікробіологічних процесів тощо. Пестициди видаляються з ґрунту внаслідок вивітрювання, випаровування, вимивання водою, мікробіологічного розкладання та винесення культурними рослинами [14, 20].

Негативні наслідки застосування пестицидів для людей, теплокровних тварин і корисних організмів та культурних рослин можна знизити насамперед завдяки чіткому дотриманню регламентів застосування препаратів та правильному вибору препарату зі спрямованою дією на цільовий об'єкт і мінімальним впливом на навколишнє середовище із запобіганням прояву післядії.

Використовуючи гербіциди, похідні імідазоліонів і сульфонілсечовини, важливо враховувати чутливість наступних культур у сівозміні до препаратів цих груп. Адже внаслідок негативної післядії таких гербіцидів урожай сільськогосподарських культур може зменшуватися до 30%.

Мета досліджень — вивчити та оцінити характерні ознаки і наслідки впливу післядії гербіцидів групи імідазоліонів та сульфонілсечовини на основні сільськогосподарські культури.

Матеріали і методи досліджень. Роботи проводили в 2014–2016 рр. на полях Білоцерківського району Київської області, розташовані в зоні Правобережного Лісостепу України. Ґрунт — чорнозем типовий, малогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий на лесі, уміст гумусу — 3,15%, гідролітична кислотність — 2,21 мг-екв./100 г ґрунту, рН — 5,6. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної. Територія господарства розташована

переважно на рівнинному рельєфі, рівень залягання ґрунтових вод на глибині 2–4 м.

Розмір дослідних ділянок — 200 м², повторність — 4-разова. Розміщення — послідовне. Посіви обприскували за оптимальних кліматичних умов у строки, передбачені регламентами застосування гербіцидів. Їх вносили ручним ранцевим обприскувачем, витрата робочої рідини становила з розрахунку 300 л/га, тиск — 2,1 атм, розпилювачі щілинного типу.

Бур'яни обліковували тричі за сезон у такі строки: перше — до обприскування гербіцидами, друге і третє — через 30 і 60 днів після обприскування. Чисельність бур'янів визначали за допомогою рамки розміром 50×50 см. Рамку накладали так, щоб один із рядків культури був її діагоналлю. Для обліку обирали 4 постійні ділянки, розміщені по діагоналі поля, кожна розміром 0,25 м². Надземну масу бур'янів визначали під час останнього обліку (після підрахунку чисельності). Для цього рослини бур'янів зрізали біля поверхні ґрунту і зважували [21]. Для ідентифікації видів бур'яників використовували спеціалізовані довідники [22].

Для контролю бур'янів у посівах ячменю ярого (сорт Сонцедар) у фазі куцїння застосовували препарат із похідних сульфонілсечовини, а саме: Логран 75 WG, в. г. з умістом діючої речовини триасульфурон, 750 г/кг і нормою витрати 10 г/га. У посівах ячменю ярого моніторинг чисельності бур'янів здійснювали впродовж вегетації культури, зокрема у фазах куцїння (ВВСН ЕС 23), колосіння (ВВСН ЕС 55) та воскової стиглості (ВВСН ЕС 89). Для обмеження чисельності сеgetальної рослинності в посівах сої і соняшнику використовували препарати, які належить до похідних імідазоліонів. Зокрема, у посівах сої у фазі 2–3-х справжніх листків у культури (за шкалою ВВСН 12–13) застосовували гербіцид Стобоб, р. к. (д. р. імазетапір, 50 г/л + бентазон, 400 г/л) з нормою витрати 1,2 л/га. У посівах соняшнику у фазі 4-х справжніх листків у культури (шкала ВВСН 14) вносили гербіцид Євро-Лайтнін®[®], в. р. з умістом діючих речовин імазамокс, 33 г/л + імазапір 15 г/л, з нормою витрати 1,2 л/га. У посівах ріпаку озимого до сходів культури у вегетаційному періоді попереднього року застосовували гербі-

цид Команд, 48 к. е. з умістом діючої речовини кломазон, 480 г/л з нормою витрати 0,2 л/га.

У всі роки досліджень упродовж вегетації культур вели спостереження за метеорологічними показниками. На основі даних середньодобої температури та суми опадів розраховували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за формулою [21]:

$$\text{ГТК} = 10 \sum R / \sum T_n$$

де $\sum R$ — сума опадів за певний період, мм, $\sum T_n$ — сума позитивних температур вище порогових (понад 5°C) за період, °C.

Після закінчення вегетації сільськогосподарських культур та збирання їхнього врожаю визначали залишкові кількості гербіцидів у ґрунті в лабораторії аналітичної хімії пестицидів Інституту захисту рослин НААН. Визначення проводили методом газорідинної хроматографії з використанням хроматографів Perkin Elmer (детектор NPD) та КристалЛюкс (детектор ЕЗД).

Для визначення врожайності продукції сільськогосподарських культур збирали з дослідних ділянок площею 1 м² (повторність — 4-разова) з перерахунком у тонни на гектар.

Визначали чисельність бур'янів, технічну ефективність застосування гербіцидів, надземну масу бур'янів і врожайність культур.

На наступний рік у всіх варіантах із застосуванням гербіцидів висівали такі культури: гречку, буряки цукрові, сою, соняшник, кукурудзу, ячмінь ярий. Для чистоти експерименту ці культури не обробляли гербіцидами, а здійснювали ручне прополювання бур'янів двічі за вегетаційний період. Під час досліджень проводили моніторинг за станом росту і розвитку культур. Вплив післядії гербіцидів на сільськогосподарські культури визначали за такими показниками: схожість, ріст і розвиток рослин, урожайність культур.

Статистичну обробку даних здійснювали з використанням комп'ютерної програми Statgraphics plus та Excel 2010.

Результати досліджень. Погодні умови в роки досліджень загалом були сприятливими для росту і розвитку рослин, хоча випадання опадів за роками і місяцями було нерівномірним, зі значними відхиленнями від норми.

Спостереження за метеорологічними показниками дали змогу розрахувати гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за квітень–серпень у роки досліджень. Згідно з отриманими результатами, найбільш забезпеченими вологою посіви культур були в квітні і травні у 2014 та 2016 рр.: ГТК був у межах 2,13–2,30 та 1,78–2,38 відповідно (табл. 1). Це свідчить про достатній рівень вологи в ґрунті. Найменш забезпеченим вологою в усі роки досліджень був серпень: ГТК становив 0,05–0,67. Найбільш посушливим був вегетаційний період 2015 р.

За оцінками чисельності та визначення видового складу сеgetальної рослинності встановлено, що в посівах ячменю ярого, сої, соняшнику і ріпаку озимого переважав змішаний тип забур'яненості. Веgetували бур'яни з різних біологічних груп. Найпоширенішими видами сеgetальної рослинності були лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amarantus retroflexus* L.), галінсога дрібноквіткова (*Galinsoga parviflora* L.), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), гірчак березкоподібний (*Polygonum convulvulus* L.), талабан польовий (*Thlaspi arvense*), осот рожевий (*Cirsium arvense* L.). Частка дводольних бур'янів становила в середньому 49,0–60,0% від загальної кількості. Серед однодольних домінував мишій сизий (*Setaria glauca* L.), частка якого в загальній кількості всіх біологічних груп бур'янів у посівах різних культур становила 40,0–51,0%. Чисельність дводольних бур'янів на дослідних ділянках у середньому була 75,0–82,0 шт./м², злакових — 46,0–59,0 шт./м².

1. Забезпеченість території агроценозу теплом і вологою в роки досліджень (ГТК за квітень–серпень 2014–2016 рр., метеодані м. Біла Церква)

Місяць	ГТК		
	2014	2015	2016
Квітень	2,13	1,09	1,78
Травень	2,30	0,74	2,38
Червень	1,47	0,60	1,77
Липень	1,45	1,12	0,28
Серпень	0,67	0,05	0,56

Технічна ефективність гербіцидів була на високому рівні. Гербіцид Логран 75 WG, в. г. забезпечив ефективний контроль бур'янів у посіві ячменю ярого. Технічна ефективність препарату через 30 днів після обприскування (ДПО) становила 95,7%, 60 днів — 92,8%. Зниження надземної маси бур'янів щодо надземної маси бур'янів на контрольних ділянках було 89% (табл. 2).

Препарат Стобоб, р. к. забезпечив зниження чисельності комплексу бур'янів у посівах сої на рівні 94,8% через 30 днів і 90,2% — через 60 днів після застосування. Зниження надземної маси бур'янів становило 88,8%.

Технічна ефективність гербіциду Євро-Лайтнінг®, в. р. проти різних біологічних груп бур'янів у посівах соняшнику через 30 і 60 днів після обприскування становила 99,0 та 98,4% відповідно (див. табл. 2). За цих умов сира маса бур'янів дорівнювала 245,0 г/м², зниження її порівняно з показниками на контрольних ділянках було на рівні 89,2%.

Препарат Команд 48 к. е. знижував забур'яненість посіву ріпаку озимого через 30 днів після застосування на рівні 92,5%. Зниження надземної маси бур'янів перед збиранням урожаю на наступний рік становило 89%.

Препарати Логран 75 WG, в. г., Стобоб, р. к., Євро-Лайтнінг®, в. р., обрані для дос-

ліджень, належать до групи ALS-інгібіторів. Рівень технічної ефективності залежить від діючих речовин, що входять до складу цих гербіцидів. Основною властивістю їх є пригнічення синтезу ферменту ацетолаттасинтази (ALS) у дводольних і злакових бур'янів, яка є каталізатором синтезу амінокислот — валіну, лейцину, ізoleyцину. Після обробки гербіцидами з групи ALS-інгібіторів бур'яни починають відчувати дефіцит цих амінокислот і гинуть [12, 13, 19]. Діюча речовина гербіциду Команд, 48 к. е. кломазон — 2-(2-хлорфеніл)-метил-4,4-диметил-3-ізоксазолідинон є інгібітором хлорофілу і каротину й може потрапляти в рослину контактно (під час потрапляння на поверхню рослин) і системно (через сходи і кореневу систему). За механізмом дії Команд 48 к.е. належить до інгібіторів 1-деокси-D-ксилозо-5-фосфатсинтази (ДОКФ). Появу резистентності в бур'янів до цієї діючої речовини не виявлено. Цим пояснюється його висока технічна ефективність під час захисту багатьох культур від шкодочинності бур'янів [20].

Визначення вмісту залишкових кількостей пестицидів у ґрунті дало змогу встановити, що фактичне значення залишку гербіциду Логран 75 WG, в.г. (триасульфурон, 750 г/кг) становило 0,02 мг/кг. Ці показники не перевищували гранично допустимої концентрації — 0,03–0,10 мг/кг (табл. 3). За

2. Ефективність застосування гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур

Культура, (сорт)	Препарат, норма витрати, г/га, кг/га, л/га	Технічна ефективність, % через ДПО		Маса бур'янів через 60 днів після обробки, г/м ²	Зниження надземної маси бур'янів, %	Урожайність, т/га
		30	60			
Ячмінь ярий (Сонцедар)	Логран 75 WG, в.г., 10 г/га	95,7	92,8	813,2	89,0	2,9
	Контроль	—	—	7359,5	—	2,0
Соя (Олена)	Стобоб, р.к., 1,2 л/га	94,8	90,2	548,5	88,8	3,8
	Контроль	—	—	4914,6	—	2,9
Соняшник (НК Неома)	Євро-Лайтнінг®, в.р., 1,2 л/га	99,0	98,4	245,0	89,2	2,8
	Контроль	—	—	2266,3	—	2,0
Ріпак озимий (Снігова королева)	Команд, 48 к.е., 0,2 л/га	92,5	—	396,5*	89,0*	2,0
	Контроль	—	—	3592,4*	—	1,6
НІР ₀₅		—	—	13,8	—	0,08

*Облік проведено перед збиранням урожаю на наступний рік.

3. Уміст залишкових кількостей пестицидів у ґрунті

Варіант	Норма витрати		Виявлено	ГДК
	Препарат г/га, л/га	Діюча речовина, г/га, л/га		
Ячмінь ярий. Логран 75 WG, в.г., триасульфурон, 750 г/кг	10	7,5	0,02	0,03–0,10
Соняшник. Євро-Лайтнінг®, в.р., (імазамокс, 33 г/л + + імазапір, 15 г/л)	1,0–1,2	33,0–39,6 15,0–18,0	Н Н	0,40 0,05
Соя. Стобоб, р.к., (імазетапір, 50 г/л + + бентазон, 400 г/л)	1,0–1,2	42–50 400–480	Н 0,03	0,10 0,40
Ріпак озимий.* Команд, 48 к.е., (кломазон, 480 г/л),	0,2 л/га	96,0	0,02	0,04

*Визначення залишкової кількості діючої речовини препарату Команд, 48 к. е. у посівах ріпаку озимого здійснювали через 30 днів після внесення (посів 2014 р.).
Н — не виявлено за межі визначення (межа визначення: триасульфурону — 0,2 мг/кг; імазамоксу — 0,1 мг/кг; імазапіру — 0,05 мг/кг; імазетапіру — 0,08 мг/кг; бентазону — 0,03 мг/кг, кломазону — 0,03 мг/кг).

результатами порівняння показників відзначено, що залишкова кількість діючої речовини препарату була в 1,5–5 разів меншою, ніж межі гранично допустимої концентрації (ГДК).

Залишкові кількості діючих речовин препарату Стобоб, р. к. виявилися такими: імазетапіру не виявлено за допустимої його межі 0,08 мг/кг, бентазону — 0,03 мг/кг, що не перевищувало рівня ГДК — 0,4 мг/кг. Тобто залишкова кількість діючої речовини бентазону була в 13,3 раза меншою за рівень допустимої концентрації.

Залишків діючих речовин препарату Євро-Лайтнінг®, в. р. (імазамокс, 33 г/л + імазапір, 15 г/л) не виявлено за допустимих меж для імазамоксу 0,4 мг/кг, імазапіру 0,05 мг/кг.

Уміст кломазону у ґрунті — 0,02 мг/кг, що вдвічі менше порівняно з ГДК, який становить 0,04 мг/кг.

За результатами моніторингу за станом культурних рослин після відновлення вегетації навесні встановлено, що препарати Логран 75 WG, в.г. і Стобоб, р.к. практично не вплинули на їхній розвиток. Відсутність післядії гербіциду Логран 75 WG, в.г. з діючою речовиною триасульфурон свідчить про повну його детоксикацію в умовах підвищеної кислотності ґрунту. Як зазначають деякі автори, значення ґрунтового рН особливо важливі для виявлення післядії

пестицидів похідних сульфонілосечовини, чим вищий рН, тим повільніше проходить їх розкладання [13, 19, 20].

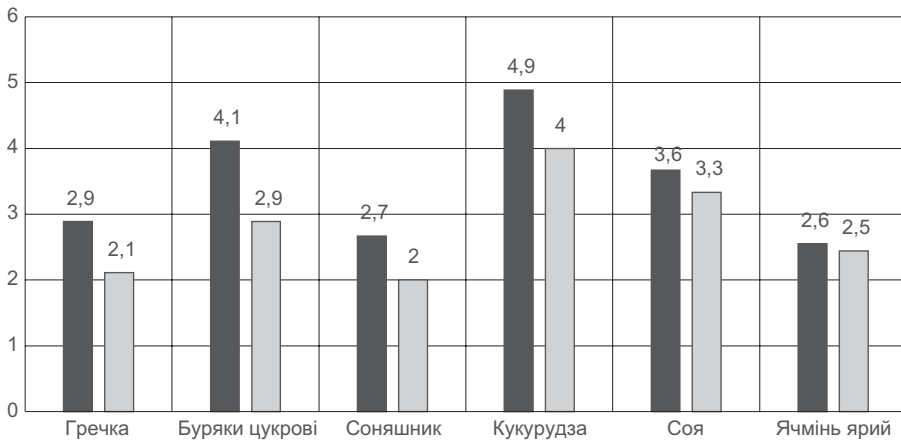
Незначні ознаки післядії гербіциду Команд, 48 к.е. візуально відзначали на посівах сої та ячменю ярого. Це проявлялося в дещо менших розмірах листового апарату рослин сої порівняно з контрольним варіантом. На рослинах ячменю ярого помітно було поява світло-зеленого забарвлення. За подальшого росту рослин ознаки фітотоксичності препарату нівелювалися. Негативного впливу цього гербіциду на інші культури сівозміни не спостерігали.

Найбільш виражений вплив післядії на наступні культури в сівозміні відзначено при застосуванні гербіциду Євро-Лайтнінг®, в.р. Попри те, що залишкових кількостей діючих речовин гербіциду Євро-Лайтнінг®, в.р. практично не виявлено в ґрунті, післядія цього препарату проявлялася в пригніченні розвитку всіх культур сівозміни.

Аналіз наукової літератури показав, що фітотоксична післядія залежить від властивостей ґрунту: гранулометричного складу, кислотності, умісту гумусу, вологості, температури, що зумовлює швидкість розкладання препарату в ґрунті [11–13]. Періодичність розкладання гербіциду Євро-Лайтнінг® посилюється зі зниженням рН у ґрунті: чим

4. Вплив гербіциду Євро-Лайтнінг®, в. р. на схожість і висоту рослин культур (обліки проведено наприкінці червня під час активного росту всіх культур)

Культура	Схожість культур, % $S_{m \pm m}$			Висота рослин, см, $S_{m \pm m}$		
	контроль	дослід	% до контролю	контроль	дослід	% до контролю
Гречка	89,5±3,2	80,2±4,2	89,6	86±2,8	63±4,2	73,3
Буряки цукрові	94,0±3,8	86,4±3,1	91,9	25±4,1	18±3,4	72,0
Соняшник	90,5±2,1	88,0±2,7	97,2	93±4,1	52±5,2	55,9
Кукурудза	94,5±3,5	93,1±3,8	98,5	107±4,3	65±5,3	60,7
Соя	95,8±1,5	95,0±3,1	99,2	46±3,2	32±4,1	69,6
Ячмінь ярий	96,5±2,2	95,8±3,4	99,6	54±5,3	42±4,5	77,8



Урожайність культур під впливом гербіциду Євро-Лайтнінг®, в. р.: ■ — урожайність, т/га, контроль; □ — урожайність, т/га, дослід. $NIPO_5$ по культурах між контролем і дослідом була в межах 0,18–0,61

нижчий його коефіцієнт, тим вищий ризик наслідків. Якщо між застосуванням гербіцидів і посівом наступної культури випало недостатньо опадів, то розкладання гербіцидів у ґрунті може бути неповним, як уже зазначалося вище. За нестачі опадів для вирощування культури їх також буде недостатньо для мікробного розкладання діючих речовин препаратів [13, 19]. Дослідники наголошують, що навіть, коли залишки діючих речовин не перевищують ГДК, вплив післядії буває досить помітним [6].

На нашу думку, пригнічення росту і розвитку рослин може бути пов'язано з утворенням токсичних метаболітів препарату під впливом підвищеної кислотності ґрунту та неповним його розкладанням через дефіцит

вологи. Адже в 2016 р. у липні і серпні рослини значною мірою потерпали від нестачі вологи: ГТК у цей період становив 0,28 та 0,56 (див. табл. 1).

Препарат Євро-Лайтнінг®, в.р. значною мірою впливав на ріст, розвиток і продуктивність усіх культур сівозміни. Найбільше зрідження сходів зафіксовано на посівах буряків цукрових і гречки: у середньому на рівні 10,4 і 8,1% (табл. 4). Найменше гербіцид вплинув на схожість сої і ячменю ярого. Висота рослин на дослідних ділянках, де застосовували гербіцид, на 22,2–45,1% була нижчою порівняно з висотою рослин культур на контрольних ділянках. Найбільше зниження висоти рослин спостерігалось на посівах соняшнику

і кукурудзи: 55,9 і 60,7% щодо контролю (див. табл. 4).

Пригнічення рослин культур проявлялося не лише в зменшенні їхньої висоти, а й потоншенні стебел, зменшенні розмірів листових пластинок і репродуктивних органів. Забарвлення рослин з інтенсивно зеленого змінилося на жовто-зелене. Так, на посівах, де застосовували в попередньому році гербіцид Євро-Лайтнінг®, в.р., зерно гречки здебільшого було дрібним,

щуплим і пустим, качани кукурудзи і кошки соняшнику – малими, недорозвиненими.

Усе це значною мірою вплинуло на врожайність сільськогосподарських культур. Найбільше знизилася врожайність буряків цукрових, гречки та соняшнику – відповідно на 29,3%, 27,6, та 26% (рисунок). Урожайність кукурудзи знизилася на 18,4%, сої – 8,3%. Менш негативно впливав цей препарат на рослини ячменю ярого.

Висновки

Досліджувані гербіциди Логран 75 WG, в.г., Євро-Лайтнінг®, в.р., Стобоб, р.к. і Команд, 48 к.е. у рекомендованих нормах витрати забезпечили високу технічну ефективність проти комплексу бур'янів у посівах ячменю ярого, соняшнику, сої та ріпаку озимого – на рівні 90,2–98,4%.

Залишкові кількості діючих речовин у ґрунті із закінченням вегетації культур не перевищували гранично допустимі концентрації. Установлено повну детоксикацію діючих речовин препаратів імазетапір, 50 г/л + бентазон, 400 г/л та імазамокс, 33 г/л + імазапір, 15 г/л, а також часткову детоксикацію діючих речовин гербіцидів

триасульфурон, 750 г/кг і кломазон, 48 к.е.

Виявлено негативний вплив на наступні культури в сівозміні гербіциду Євро-Лайтнінг®, в.р. з нормою витрати 1,2 л/га, що проявляється в зрідженні сходів, зниженні висоти рослин, зменшенні врожаю. Істотне зниження врожайності зафіксовано на культурах буряків цукрових, гречки і соняшнику – на 29,3%, 27,6 і 26% відповідно. Прояв післядії, очевидно, пов'язаний з утворенням токсичних метаболітів препарату під впливом підвищеної кислотності ґрунту та неповним його розкладанням унаслідок нестачі вологи.

Borzykh O.¹, Serhienko V.², Storchous I.³

Institute of plant protection of NAAS, 33 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: ¹borzykh@ipp.gov.ua, ²v-serg@ukr.net, ³igor_storchous@ukr.net; ORCID: ¹0000-3002-9802-5622, ²0000-0003-4386-9307, ³0000-0002-4370-9381

Research in the consequences of the influence of herbicides on main crops

Goal. To study and evaluate the characteristics and aftereffects of the use of herbicides on major crops. **Methods.** Information-analytical (collection of materials and analysis of literature sources), field (laying of experiments, accounting, harvesting), chemical (determination of pesticide residues), mathematical and statistical (processing of research results). **Results.** Technical efficiency of herbicides Logran 75 WG, v.g. (triasulfuron, 750 g/kg), 10 g/ha; Stobob, r.k. (imazethapyr, 50 g/l + bentazone, 400 g/l), 1.2 l/ha; Euro-Lighting®, v.r. (imazamox, 33 g/l + imazapir, 15 g/l), 1.2 l/ha; Komand, 48 k.e. (clomazone, 480 g/l), 0.2 l/ha, which were used in crops of spring barley, soybeans, sunflowers, and winter rape against a wide range of dicotyledonous

and cereal weeds was at a high level: 60 days after application it was 90–98%. Residual amounts of active substances of the studied herbicides in the soil were not detected, or they were within the maximum allowable concentrations. Most of the studied herbicides did not harm subsequent crops in crop rotation. Herbicide Euro-Lighting®, v.r. despite the lack of residual amounts in the soil led to the inhibition of crop growth, their development, and reduced productivity. The most sensitive were sugar beets, buckwheat, and sunflower: the yield of these crops decreased by 29.3%; 27.6 and 26.0%, respectively. **Conclusions.** All investigated herbicides of imidazolinone derivatives (Stobob, r.k., 1.2 l/ha, Euro-Lighting®, v.r., 1.2 l/ha), sulfonylurea (Logran 75 WG, v.g., 10 g/ha) and Komand, 48 k.e., 0.2 l/ha effectively controlled a wide range of weeds in crops. Residual amounts of herbicides in the soil did not exceed the maximum allowable concentrations. Phytotoxicity and side effects on subsequent crops in crop rotation in most herbicides in the recommended consumption rates were not detected. The herbicide Euro-Lighting®,

v.r., 1.2 l/ha, harmed crops — the plants lagged in growth and had lower yields compared to the control.

Key words: pesticides, residual amount, crop sensitivity, plant development, yield.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-04>

Бібліографія

1. *Пестициди: безпечне застосування у фермерській практиці. вимоги та настанови.* Збірник. 2018. 40 с.
2. *Marin-Morales M. A., Ventura-Camargo B. de C. & Miyuki H.M.* Toxicity of Herbicides: Impact on Aquatic and Soil Biota and Human Health. Current Research and Case Studies in Use. Open access peer-reviewed chapter. Edited by Andrew Price. Published: June 12th 2013. doi: 10.5772/55851
3. *Ustuner T., Sakran M., Almhemed K.* Effect of Herbicides on Living Organisms in The Ecosystem and Available Alternative Control Methods. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*. 2020. 10(8):633. doi: 10.29322/IJSRP.10.08.2020.p10480
4. *Kaushik K. P., Mohanty A., Smruti Ranjan Padhan Rama Krishna Satyaraj Guru.* Genotoxicity and DNA Damage Induced by Herbicides and Toxins in Plants. Induced Genotoxicity and Oxidative Stress in Plants. 2021. doi: 10.1007/978-981-16-2074-4_2 (e-Book)
5. *Ларина Г.Е.* Комплексная оценка действия гербицидов на компоненты агроценоза. *Агрехимия*. 2002. № 4. С. 54–74.
6. *Тохтарь К.І., Гаврилюк Ю.В.* Чи можливе безпечно використання пестицидів? *Агрехимія і ґрунтознавство*. Вип. 90. Харків: ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського. 2020. С. 76–85. doi: 10.31073/acss90-08
7. *Хромих Н.О., Матюха В.Л., Лихолат Ю.В.* та ін. Вплив гербицидів на показники гібрида кукурудзи Оржиця 237 МВ. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 4. С. 20–25. doi: 10.31073/agrovisnyk201804-03
8. *Chen Xianmao, iQiu Caife, Qian Yinfei et al.* Effects of long-term herbicide application on the crops in soybean-peanut rotations in the red soil upland of Southern. *Field Crops Research*. V. (1). 2020. 107723, doi: 10.1016/j.fcr.2020.107723
9. *Мищенко О.В., Поспелов С.В.* Стрес у соняшнику та методи його подолання. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю заснування Полтавської ДАА*. 27 листопада 2020 року. С. 92–95. doi: 10.5281/zenodo.4437648
10. *Dolia M., Lysenko V., Pasichnyk N.* et al. Information technology for remote evaluation of after effects of residues of herbicides on winter crop rape. Published in: 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT). 2019. doi:10.1109/AICT.2019.8847850
11. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Стрижков Н.И.* и др. Последствие гербицидов и динамика их разложения в различных агроландшафтах. *Аграрный научный журнал*. 2019. № 4. С. 27–31. doi: 10.28983/asj.y2019i4pp27-31
12. *Рудая Л.А.* Биологическая активность и токсикологические свойства гербицидов производных сульфонилмочевины. *Проблеми харчування*. 2009. №1, 2. С. 53–59.
13. *Стецов Г.Я.* Последствие гербицидов в засушливом земледелии. *Агроном*. 2016. № 3. С. 52–54.
14. *Лебедев, В.Б., Стрижков Н.И.* Последствие гербицидов в севообороте. *Агро XXI*. 2007. № 4–6. С. 43–44.
15. *Mehdizadeh M., Fatemeh G A.* Negative Effects of Residual Herbicides on Sensitive Crops: Impact of Rimsulfuron Herbicide Soil Residue on Sugar beet. *Journal of Research in Weed Science*. 2018. V. 1, (1). P. 1–6. doi: 10.26655/jrweeds-ci.2018.6.1
16. *Дворянкин Е.А.* Методология оценки повреждений сахарной свеклы токсичными гербицидами, применяемыми на других культурах. *Сахар*. 2019. № 12. С. 32–35.
17. *Mathukia R.K., Bhimjibhai S.K., Dhirubhai P.M.* et al. Efficacy of Some Post-emergence Herbicides and their Mixtures Against Complex Weed Flora in Wheat. *International Journal of Economic PlantsYear* : 2018, V. 5. P. 23–26. doi: 10.23910/IJEP/2018.5.1.0230
18. *Колупаев. М.В., Львов А.Г., Нестерова Л.М.* и др. Сравнительная оценка последствие препаратов горгон, врк, ланцелот, вдг и магнум, вдг на горохе посевном (*Pisum sativum*) в вегетационном опыте. *Агрехимия*. 2019. № 5. С. 48–55.
19. *Сторчоус І.М.* Заходи щодо зменшення побічного впливу пестицидів на культури. *Агроном*, 2016. № 4 (54). С. 48–52.
20. *Чміль В.Д.* К проблеме изучения судьбы действующих веществ средств защиты растений в почве. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2016. № 2. С. 32–44.
21. *Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П.* та ін. Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ 2001. С. 379–382.
22. *Веселовський І.В., Лисенко А.К., Манько Ю.П.* Атлас — визначник бур'янів. Київ: Урожай, 1988. 72 с.