

І. В. Мовчан, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН

КЛАСИФІКАЦІЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ РОЛЬ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСЛЯСХОДОВИХ ГЕРБІЦИДІВ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Наведено класифікацію поверхнево-активних речовин та висвітлено результати досліджень ефективності хімічного методу контролю бур'янів у посівах кукурудзи на зерно в післясходовий період. Встановлено, що сумісне використання гербіцидів з поверхнево-активними речовинами забезпечує підвищення їх фітотоксичності та зменшення норми витрат препарату на 10–25 %.

Ключові слова: кукурудза, бур'яни, поверхнево-активні речовини, ефективність, гербіциди.

До несприятливих наслідків застосування гербіцидів віднесено їх фітотоксичну дію на рослини кукурудзи, яка полягає в пригніченні рослин та зниженні урожайності. Пошук способів послаблення несприятливих наслідків використання без зменшення ефективності заходів хімічного захисту рослин має важливе економічне й екологічне значення.

Значні перспективи виникають завдяки використанню одночасно з гербіцидами поверхнево-активних речовин, які сприяють зменшенню загальної норми витрати препаратів, підсиленню фітотоксичної дії післясходових гербіцидів, першою чергою на проблемні види, підвищенню стійкості робочих розчинів до змивання опадами з листової поверхні бур'янів.

Існує багато способів, за якими класифікують поверхнево-активні речовини, основою може бути хімічна будова, призначення або джерело походження. За хімічною будовою більшість молекул згаданих речовин складаються з ліпофільної і гідрофільної полярної груп. Полярна група, своєю чергою, може бути іонною (катіонною з позитивним зарядом), аніонною (негативним зарядом), цвітеріонною (мають позитивний і негативний заряд) або неіонною [5]. Катіонні та аніонні поверхнево-активні речовини використовуються лише з певними препаратами. Так, катіонні здебільшого застосовуються для покращання дії гліфосатів, аніонні – з кислотами або солями, як дисперсанти або речовини, що забезпечують сумісність. Найбільш поширеними у сільському господарстві є неіонні ад'юванти, які складаються із спиртів та жирних кислот та сумісні з багатьма

гербицидами [4].

За призначенням поверхнево-активні речовини поділяють на модифікатори і активатори. Модифікатори використовують для зміни хімічних і фізичних властивостей робочих розчинів гербицидів. Представниками цієї групи можуть бути речовини, що нормалізують рН розчину, збільшують дисперсію і поверхневий натяг, утримуванисть на листках бур'янів та зменшують кристалізацію, летючість та піноутворення [8]. Мінерали можуть суттєво зменшувати ефективність багатьох гербицидів. Як правило, іони мінералів, таких як кальцій, магній, солі, карбонати, що містяться у важкій воді, можуть зв'язуватися з діючими речовинами гербицидів та призводити до зниження фітотоксичності й неефективного контролю бур'янів. Використання поверхнево-активних речовин кондиціонерів запобігає згаданій реакції та поліпшує якісні показники води [13]. Крім того, використання амортизуючих або окислюючих поверхнево-активних речовин дає змогу стабілізувати необхідний рН робочої рідини для більш ефективного використання гербицидів. Також, модифікатори використовуються для контролю зносу робочої рідини за рахунок зменшення співвідношення краплин малого розміру шляхом підвищення в'язкості і сили натягу води [9].

Основною функцією активаторів є підвищення активності гербициду за рахунок збільшення швидкості поглинання за безпосередньої взаємодії з рослинною кутикулою. За походженням активатори поділяються на масляні, силіконові похідні та мінеральні [12]. Масляні активатори бувають: рослинні оливи, концентрати рослинних олив та олії рослинного походження. Похідним матеріалом рослинної оливи є нафтова олива на основі парафіну. Вони складаються на 95–98 % з оливи і на 1–2 % із суфрактанта-емульгатора. Концентрати рослинних олив є сумішшю рослинної олії (80–85 %) і неіонного суфрактанту (15–20 %) [11].

Олії рослинного походження отримують з насіння олійних культур шляхом пресування або екстракції розчинником з подальшим очищенням від смол, клейких речовин і фосфоліпідів. Існує два основних типи олій рослинного походження, які використовуються у сільському господарстві, це: тригліцериди та метилові. Тригліцериди зазвичай мають високу в'язкість, тому задля розрідження до них додають жирні кислоти: олеїнову у співвідношенні 18 : 2 або лінолеву – 18 : 2 [6].

В останні роки значного поширення набуло використання як поверхнево-активних речовин силіконових активаторів, а саме органосиліконових суфрактантів. Вони складаються з двох частин: гідрофобної та гідрофільної частини на основі поліоксietiлену, що знижує поверхневий натяг рідини, сприяє рівномірному її розтіканню по всій листовій поверхні та швидкому проникненню в середину рослини. Інфільтрація робочого розчину гербициду у рослину відбувається крізь листові пори, без руйнування її захисного воскового нальоту [3].

Одним із способів підвищення ефективності хімічного методу

контролю бур'янів у посівах кукурудзи є використання у робочих розчинів гербіцидів мінеральних активаторів. Представником даної групи є азотні добрива. Вони підвищують адсорбцію робочого розчину препарату за рахунок утворення на поверхні листка солей амонію слабкої кислоти гербіцидів, які більш вільно дифундують через кутикулу [10]. За додавання до робочих розчинів гербіцидів азотних добрив знижується кристалізація гербіцидів на поверхні рослини та подолання явища антагонізму гербіцидів. Наявність азоту сприяє підвищенню поглинання гербіцидів, їхньої фітотоксичності та зменшенню норми препаратів [7]. Тому метою досліджень було вивчення ефективності нових післясходових гербіцидів у поєднанні із поверхнево-активними речовинами та розробка економічно доцільних способів хімічного прополювання посівів кукурудзи на зерно.

Методика досліджень. Досліди проводили впродовж 2011–2015 років у дослідному господарстві «Бохоницьке» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН на полях лабораторії землеробства та захисту сільськогосподарських культур за загальноприйнятими методиками [1, 2]. Грунт дослідного поля – сірий лісовий середньосуглинковий за механічним складом з такими показниками орного шару, вміст гумусу – 2,2–2,4 %; рН (сольове) – 5,2–5,4; гідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 9,0–11,2; рухомого фосфору (за Чириковим) – 12,1–14,2 та обмінного калію (за Чириковим) – 8,1–11,6 мг на 100 г ґрунту. Кукурудзу гібрид ДКС 3511 із нормою висіву 80 тис. схожих насінин на 1 га висівали широкорядним способом з шириною міжрядь 0,7 м. Площа посівної ділянки 32 м², облікової – 25 м². Повторність чотириразова, розміщення ділянок рендомізоване. Гербіциди вносили у фазі 3–4 листків кукурудзи обприскувачем PL 2 – «System Agrotop» обладнаним горизонтальною штангою завширшки 2,25 м.

Результати досліджень. Перед застосуванням гербіцидів ділянки мали малорічний тип забур'яненості. Найбільша частка 61–80 % бур'янового угруповання була представлена дводольними видами, серед яких домінували *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L. Однорічні однодольні бур'яни *Setaria glauca* L., *Echinochloa crus-galli* L. становили 20–39 %. Багаторічні види були представлені *Cirsium arvense* L. та *Convolvulus arvensis* L. – 2–3 %. Значний вплив на ефективність гербіцидів у посівах кукурудзи мають фаза розвитку бур'янів та погодні умови під час та після їх внесення. На момент застосування препаратів, фаза 3–4 листків кукурудзи, висота більшості бур'янів була в межах 2–5 см. Однорічні злакові види *Setaria glauca* та *Echinochloa crus-galli* перебували у фазі сходи – 2–3 листки, а дводольні *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* – сходи – 2–4 листки. Довжина стебла *Convolvulus arvensis* L. не перевищувала 10–12 см, а *Cirsium arvense* L. знаходився у фазі розетки (6–8 листків).

Результати досліджень свідчать, що через 30 днів після внесення гербіциду стеллар, 1,0 л/га у поєднанні з поверхнево-активною речовиною метолат, 1,0 л/га кількість бур'янів у посівах кукурудзи зменшувалась на 90 %, зокрема, злакових: *Echinochloa crus-galli* – 91 %, а *Setaria glauca* – 92 %

(табл. 1). Повну загибель однорічних злакових видів відзначено через 16–17 днів. Однорічні дводольні бур'яни *Chenopodium album* та *Amaranthus retroflexus* гинули на 91 %. Волога маса бур'янів на період збирання урожаю зменшувалась на 88 %.

1. Ефективність гербіцидів у посівах кукурудзи на зерно (у середньому за 2011–2015 рр.)

№ з/п	Варіант застосування гербіцидів	Показники зміни забур'яненості, %			Урожайність, т/га	Рентабельність, %
		Загибель бур'янів		Зниження вологої маси бур'янів у % до контролю		
		через 30 днів після внесення	перед збиранням культури			
1	Контроль без гербіцидів	0	0	0	5,69	54
2	Ручні прополки	100	100	100	9,19	72
3	Стеллар, 1,0 л/га + метолат, 1,0 л/га	90	91	88	8,18	95
4	Стеллар, 0,9 л/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	89	90	87	8,15	98
5	Примекстра голд, 3,0 л/га	84	85	82	7,93	90
6	Примекстра голд, 2,5 л/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	85	86	84	8,04	93
7	Майстер, 150 г/га + біонауер 1,25 л/га	90	89	87	8,05	92
8	Майстер, 120 г/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	92	91	90	8,31	97
9	Мілагро, 1,0 л/га	87	86	85	8,08	98
10	Мілагро, 1,0 л/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	88	88	87	8,18	100
11	Тітус, 40 г/га + тренд 90, 0,2 л/га	85	83	84	8,00	96
12	Тітус, 30 г/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	86	85	85	8,09	99
НІР _{0,05}					0,23	
S _x %, %					1,24	

Використання стеллару за зменшеної норми до 0,9 л/га разом з аміачною селітрою 4,0 кг/га у середньому за роки досліджень зумовлювало зниження загальної забур'яненості на 89–90 %, порівняно з контролем без гербіцидів та ручного прополкування бур'янів, маса їх зменшувалась на 87 %. Загибель однорічних злакових видів сягала 91 %, а дводольних – 90–91 %. Перші симптоми пригнічення спостерігали на 2-й день після внесення. Повну загибель відзначено через 14–15 днів, що раніше на 2–3 дні від рекомендованої норми препарату.

Гербіцидна активність примекстри голд за норми внесення, 3,0 л/га не перевищувала 84–85 %. Згадана суміш контролювала злакові види бур'янів *Setaria glauca* – 88 %, *Echinochloa crus-galli* – 89 %. Дводольні види *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* гинули відповідно на 86 та 87 %

(табл. 2). Поєднання примекстри голд, 2,5 л/га із аміачною селітрою, 4,0 л/га забезпечило контроль бур'янів на рівні 85–86 %, зокрема однорічних злакових видів на 88–89 %, а дводольних – 86–87 %. Волога маса бур'янів, порівняно з контролем без гербіцидів зменшувалась на 84 %. Повну загибель відзначено через 17–19 днів, що раніше на 1–2 дні від норми препарату – 3,0 л/га.

2. Дія гербіцидів на основні види бур'янів у посівах кукурудзи на зерно, % (у середньому за 2011–2015 рр.)

№ з/п	Варіант застосування гербіцидів	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Setaria glauca</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
1	Контроль без гербіцидів	0	0	0	0
2	Ручні прополки	100	100	100	100
3	Стеллар, 1,0 л/га + метолат, 1,0 л/га	91	92	91	91
4	Стеллар, 0,9 л/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	91	91	90	91
5	Примекстра голд, 3,0 л/га	88	89	86	87
6	Примекстра голд, 2,5 л/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	89	90	87	89
7	Майстер, 150 г/га + біопауер 1,25 л/га	90	91	90	91
8	Майстер, 120 г/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	91	91	91	92
9	Мілагро, 1,0 л/га	90	91	90	90
10	Мілагро, 1,0 л/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	91	92	89	90
11	Тітус, 40 г/га + тренд 90, 0,2 л/га	87	88	86	87
12	Тітус, 30 г/га + аміачна селітра, 4,0 кг/га	89	90	88	89

За внесення гербіциду майстер, 150 г/га разом з поверхнево-активною речовиною біопауер, 1,25 л/га забур'яненість зменшувалась на 89–90 %, у тому числі злакових бур'янів *Echinochloa crus-galli* – 90 %, *Setaria glauca* – 91 %. Загибель *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* сягала, відповідно, 90 та 91 %. Використання препарату за зменшеної норми до 120 г/га разом з аміачною селітрою 4,0 кг/га у середньому за роки досліджень зумовлювало зниження загальної забур'яненості на 91–92 %, порівняно з контролем без гербіцидів та ручного прополювання бур'янів, волога маса їх зменшувалась на 90 %. Ріст оброблених цим гербіцидом бур'янів припинявся на 3–4 день, а через 7–10 днів спостерігалось побуріння листків. Цілковиту загибель рослин відзначено через 15–17 днів.

Гербіцид мілагро за норми внесення 1,0 л/га виявив ефективність – 86–87 %, зокрема, проти *Echinochloa crus-galli* – 90 %, а *Setaria glauca* – 91 %. Обприскування посівів кукурудзи зменшеною нормою препарату до 0,75 л/га у поєднанні з аміачною селітрою 4,0 кг/га контролювало бур'яни на 88 %, а їх вологу масу – на 85 %. Загибель однорічних злакових видів сягала 91–

92 %, а дводольних – 89–90 %. Перші симптоми пригнічення спостерігали на 4-й день після внесення. Повну загибель відзначено через 17–19 днів, що раніше на 1–3 дні від норми препарату – 1,0 л/га.

Для захисту посівів кукурудзи від бур'янів вивчали ефективність титусу з нормою витрат 40 г/га у поєднанні з поверхнево-активною речовиною тренд 90, 0,2 л/га. Згаданий препарат був ефективний проти злакових та дводольних бур'янів на 83–85 %. *Echinochloa crus-galli* та *Setaria glauca* виявились чутливими у фазі 1–3 листочки, а *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* та *Galinsoga parviflora* – 2–4 листочки. Ріст оброблених цим гербіцидом бур'янів припинявся на 3–4 день, а через 7–10 днів спостерігалось побуріння листків. Цілковиту загибель рослин відзначено через 19–21 день. Додавання до робочого розчину гербіциду титусу, 30 г/га аміачної селітри, 4,0 кг/га сприяло зростанню гербіцидного ефекту – 85–86 %, зменшенню вологості маси бур'янів на 85 %, що перевищує рекомендовану норму титусу, 40 г/га. Ефективність проти однорічних тонконогових бур'янів становила 89–90 %, а двосім'ядольних – 88–89 %.

Ефективність застосування гербіцидів зрештою оцінюється впливом їх на урожайність культури. Застосування гербіцидів не виявило негативного впливу на продуктивність кукурудзи, а навпаки, завдяки значному зменшенню забур'яненості посівів створилися сприятливі умови для росту і розвитку рослин культури, що обумовило істотному збереженню урожаю, порівняно із забур'яненим контролем. Тому на ділянках із внесенням гербіцидів урожайність зерна кукурудзи збільшувалася на 2,24–2,62 т/га. Найвище збереження урожаю спостерігалось за внесення гербіциду майстер, 120 г/га разом з аміачною селітрою, 4,0 кг/га. Висока ефективність препарату, як проти тонконогових, так і дводольних бур'янів, забезпечила врожайність 8,31 т/га, а рівень рентабельності 97 %.

Висновки. Застосування у робочих розчинах гербіцидів стеллар, примекстра голд, майстер, мілагро, титус та аміачної селітри у нормі 4,0 кг/га значно підвищує фітотоксичність та дає змогу зменшити норми внесення препаратів на 10–25 % від рекомендованих без зниження їхньої ефективності.

Найбільш ефективним для контролю бур'янів у посівах кукурудзи на зерно є гербіцид майстер у нормі витрат препарату 120 г/га з додаванням аміачної селітри, 4,0 кг/га, який забезпечує зменшення загальної чисельності бур'янів на 91–92 %, а вологості маси – на 90 %, водночас урожайність збільшується на 46 % порівняно з контролем без застосування гербіцидів.

Бібліографічний список

1. *Методика* випробування та застосування пестицидів / [Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секунд М. П., Іващенко О. О. та ін.]; за ред. проф. С. О. Трибеля. – К.: Світ, 2001. – 448 с.
2. *Методика* полевого опыта / Доспехов Б. А. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. *Яцук К. І.* Ад'юванти та суфрактанти – надійна допомога в

боротьбі за збереження врожаю / К. І. Яцух, В. Ф. Вархоляк // Агроном. – 2011. – № 2. – 48–49.

4. *Baric K.* The influence of adjuvants on *Amaranthus retroflexus L.* control with topremazone / K. Baric, Z. Ostojic, M. Scepanovic [et al.] // Proc. 16th EWRS Symposium. – Samsun, 2013. – P. 239.

5. *Hazen J. L.* Adjuvants – Terminology, classification, and chemistry / J. L. Hazen // Weed Technology. – 2000. – № 14. – P. 773–784.

6. *Hutchinson P. J. S.* Broadleaf weed control and potato crop safety with postemergence rimsulfuron, metribuzin, and adjuvant combinations / P. J. S. Hutchinson, C. V. Eberlein, D. J. Tonks // Weed Technology. – 2004. – № 18. – P. 750–756.

7. *Idziak R.* Effect of oil and mineral adjuvants on efficacy and physico – chemical properties of foramsulfuron and iodusufuron spray mixture / R. Idziak, Z. Woznica L. Sobiech // Pak. J. Agri. Sci. – 2013. – № 50 (4). – P. 671–676.

8. *Kirkwood, R. C.* Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides / R. C. Kirkwood // Pesticide Science. – 2012. – № 55. – P. 69–77.

9. *Nalewaja J. D.* Surfactants and oil adjuvants with nicosulfuron // J. D. Nalewaja, T. Praczyk, R. Matysiak // Weed Technology. – 1995. – № 9. – P. 689–695.

10. *Naveed M.* Effect of a new post emergence herbicide application in combination with urea on growth, yield and weeds control in maize, (*Zea mays L.*) / M. J. Naveed, R. Ahmad, M. A. Nadeem [et al.] // Agriculture Research. – 2008. – № 46 (2). – P. 157–170.

11. *Pacanoski Z.* Role of adjuvants on herbicide behavior: a review of different experiences / Z. Pacanoski // Herbologia. – 2010. – № 11. – P. 67–79.

12. *Pannaci E.* Effect of adjuvants on the rainfastness and performance of tribenuron-methyl on broad-leaved weeds / E. Pannaci, K. S. Mathiasse, P. Kudsk // Weed Biology And Managemant. – 2010. – № 10. – P. 126–131.

13. *Sobiech L.* Efficacy and surface tension of tritosulfuron modified by adjuvants / L. Sobiech, G. A. Skrzypczak // Proc. 16th EWRS Symposium. – Samsun, 2013. – P. 219.

Надійшла до редколегії 05. 05. 2017 р.

Рецензенти Н. Я. Гетман, доктор сільськогосподарських наук,
М. В. Первачук, кандидат сільськогосподарських наук