



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.06.552>

## Проблема контролювання сеgetальної рослинності в агрофітоценозах у контексті збереження біорізноманіття

Євген Ю. МОРДЕРЕР, Жанна З. ГУРАЛЬЧУК, Володимир В. МОРГУН

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України  
вул. Васильківська, 31/17, Київ, 03022, Україна  
[morderer@ifrg.kiev.ua](mailto:morderer@ifrg.kiev.ua)

Morderer Ye. Yu., Guralchuk Zh. Z., Morgun V. V. **The problem of controlling segetal vegetation in agrophytocenoses in the context of biodiversity conservation.** Ukr. Bot. J., 2018, 75(6): 552–563.

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine  
31/17 Vasylykivska Str., Kyiv 03022, Ukraine

**Abstract.** Weeds for a long time coexist with cultivated plants in agrophytocenoses and can be considered as indicators of biodiversity. From the phytocenotic viewpoint, the existence and persistence of weeds are quite natural, but for economic reasons weeds are negative factors because of their competition with cultivated plants (crops) for water, nutrients, and living space. The strategic task of crop protection is the control of weeds at the economic threshold of harm. Under modern conditions, the use of integrated crop protection technologies, which involve combining and harmonizing crop rotation schemes, agrotechnics and chemical protection means, becomes of particular importance. The article discusses the issues related to the need for integrated application of several active ingredients of herbicides, which complement each other by their spectrum of action, improve the effectiveness of weed control, and prevent the emergence of resistance of weeds to specific herbicides. The basic regularities of the changes of selective phytotoxicity in complexes of herbicides with different mechanisms of their action, which were established in the course of research, became the basis for development of various effective herbicidal complexes and mixtures for protection of various crops. According to the current strategy, the application of integrated crop protection systems should ensure the maintenance or reduction of potential infestation with weeds during rotation of crops. At that, the weed species composition in agrophytocenoses should not undergo abrupt changes, except for a significant reduction of the potential contamination by especially harmful weedy species.

**Keywords:** herbicides, biodiversity, weeds, defense strategy, crops, crop rotation

Бур'яни розглядаються як такі рослини, що співіснують разом з культурними рослинами, утворюючи єдину фітосистему – агрофітоценоз. Потенційно бур'янами здатні бути понад 1500 видів трав'яних рослин, або й навіть близько половини ботанічної різноманітності помірною кліматичного поясу планети (Fisyunov, 1984).

З точки зору фітоценології, бур'яни є повноправними і закономірними компонентами агрофітоценозів (Tuganaev, 1984). Серед бур'янів головним чином поширені види, які за еколого-ценотичною стратегією росту та розвитку належать до рослин-експлерентів. Екологічне призначення рослин цього типу полягає в забезпеченні цілісності рослинного покриву за рахунок формування фітоценозів перших стадій відновлення після їхнього знищення або порушення різноманітними природними факторами (Rabotnov, 1983; Mirkin

© Є. Ю. МОРДЕРЕР, Ж. З. ГУРАЛЬЧУК, В. В. МОРГУН, 2018

et al., 1989; Mosyakin, 2007). Таким чином, бур'яни виявилися пристосованими до існування в посівах, які за своєю екологічною сутністю є певними аналогами фітоценозів на стадіях вторинних сукцесій. Головними чинниками, які забезпечують успішне існування бур'янів в агрофітоценозах, є, по-перше, їхня висока насіннева продуктивність, яка сприяє утворенню банку насіння (або інших діаспор) у ґрунті; по-друге, здатність насіння бур'янів перебувати в стані органічного спокою й зберігати життєздатність упродовж багатьох років. Як вже зазначалося, саме подібність експлерентних стратегій більшості культурних рослин та багатьох видів бур'янів робить практично неможливим та екологічно недоцільним повне викорінення бур'янів з агрофітоценозів (Mosyakin, 2007). З вищенаведених причин екологізація стратегії контролювання бур'янів у агрофітоценозах зараз розглядається як один з пріоритетів сучасного

захисту рослин (Künast et al., 2013; Mouden et al., 2017; Pfiffner, Armengot, 2018, etc.).

Бур'яни є також своєрідними індикаторами біорізноманіття. Вони співіснують із сільськогосподарськими культурами протягом тривалого періоду часу й тим чи іншим чином зазнають впливу окультурювання. Завдяки інтенсифікації сільського господарства та вдосконаленню методів очищення насіння спостерігається зменшення (іноді досить значне) різноманіття сегетальної рослинності (Rotchés-Ribalta et al., 2015, 2016). Деяким видам бур'янів зі значною подібністю до культурних рослин, так званим конвергентним бур'янам, загрожує небезпека повного зникнення (наприклад, куколю звичайному – *Agrostemma githago* L., бромусу житньому – *Bromus secalinus* L., омолоку – *Lolium temulentum* L. та ін.) (Spahillari et al., 1999). У таких випадках перспективним може бути повторне введення (реінтродукція) зникаючих видів бур'янів у агроєкосистеми чи запровадження субсидованих агроєкологічних схем, що сприяють збереженню біорізноманіття сільськогосподарських угідь, як це відбувається у деяких країнах (Lemoine et al., 2018).

Незважаючи на значні збитки, які бур'яни завдають сільському господарству, і які можуть сягати порядку 10% на рік у всьому світі (Oerke, 2006), бур'янові рослини можуть приносити й неабияку користь. Вони відіграють значну роль у стабілізації ґрунту, збереженні його вологості й запобіганні ерозії, сприяють зменшенню вимивання азоту, особливо на легких еродованих ґрунтах (Importance..., 2015). Бур'яни є джерелом нектару та пилку для бджіл, можуть бути прихистком і поживою для природних ворогів шкідників сільськогосподарських культур. Деякі види бур'янів є джерелом рослинного білка, використовуються в якості лікарської сировини (Likars'ki, 1992, Nizhko, 1997), а також можуть застосовуватись для фіторемедіації ґрунтів (Guralchuk, Gudkov, 2005), тощо.

Для задовільнення потреб людства в продуктах харчування необхідно збільшувати продуктивність посівів, але при цьому площі, придатні для вирощування рослин, скорочуються внаслідок антропогенних впливів. Проте, досягнення селекції дозволяють значно підвищити продуктивність посівів. Цьому значно сприяє використання явища гетерозису, яке дозволило впровадити у сільське господарство високопродуктивні гібриди

замість сортів. Важливим досягненням "зеленої революції" є створення напівкарликових сортів пшениці з потенціалом урожайності понад 10 т/га (Morgun, Logvinenko, 1995; Morgun et al., 2010; Morgun et al., 2012). Протягом останнього десятиліття селекціонерами Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України під керівництвом академіка НАН України В.В. Моргуна, завдяки розробленим оригінальним методам селекції, створено 30 сортів озимої пшениці, які занесені до Державного реєстру сортів України й рекомендовані для вирощування в усіх природно-кліматичних зонах України. Серед них високоінтенсивні сорти – 'Смуглянка', 'Колумбія', 'Золотоколоса', 'Володарка', 'Фаворитка'; сорти з високою якістю зерна – 'Ятрань 60', 'Київська 8', 'Переяславка', 'Здоба Київська', 'Сонечко', 'Наталка', 'Лимарівна'; сорти універсального використання – 'Подольянка', 'Богдана', 'Снігурка', 'Вінничанка', 'Трипільська'; створені вперше в Україні сорти спеціального використання – 'Пивна', 'Зимоярка', 'Хуторянка' та інші. Генетичний потенціал врожайності цих сортів сягає понад 100–132 ц/га. За своїми потенційними можливостями Україна повинна збирати стабільно не менше 60–80 млн тонн зернових на рік. Однак для реалізації цього потенціалу поряд із сортами і добривами необхідний ефективний захист посівів від бур'янів, шкідників і хвороб.

Якщо з фітоценотичної точки зору існування бур'янів є цілком закономірним, то з господарської бур'яни – це суто негативне явище, оскільки вони конкурують з культурними рослинами за воду, поживні речовини та життєвий простір, сприяють поширенню шкідників і хвороб, ускладнюють обробіток ґрунту, догляд за посівами й збирання врожаю. Таким чином, виходячи з позицій фітоценології, знищення бур'янів є певним насильством над природою, яке може призвести до втрати багатьох корисних (або потенційно корисних) видів рослин і взагалі є загрозою біорізноманіттю, а з іншого боку, з позицій господарської доцільності бур'яни мали б бути знищені докорінно. У постійній суперечці між цими двома концепціями й виникла сучасна стратегія контролювання бур'янів.

Одним із головних факторів, який вплинув на формування стратегії захисту посівів від бур'янів, стало усвідомлення того, що неспроможність

людини "остаточно вирішити" проблему бур'янів пов'язана не з недосконалістю засобів її вирішення, а з тим, що присутність бур'янів в агрофітоценозах є цілком природним явищем. При застосуванні радикальних методів знищення бур'янів (повної стерилізації верхнього шару ґрунту з використанням, наприклад, НВЧ-випромінювання) звільнені екологічні ніші дуже скоро будуть зайняті, оскільки перекрити всі шляхи розповсюдження насіння та інших діаспор бур'янів просто неможливо. Єдиним наслідком такої стерилізації стане різка зміна видового складу бур'янів і цілком вірогідно, що вона лише ускладнить захист посівів. Нові види бур'янів, які поширюються замість тих, що будуть знищені, можуть бути особливо шкочинними. Яскравим прикладом цього може бути зростаюча забур'яненість все більшої кількості полів України інвазійним видом ваточником сирійським (*Asclepias syriaca* L.). За даними співробітників Інституту захисту рослин НААН (Storchous, 2016), за середньої кількості рослин (або пагонів) цього бур'яну (1,1–4,5 шт./м<sup>2</sup>) втрати врожаю кукурудзи становлять 2–10%, сорго – 4–29%, сої – 12–19%. Ваточник легко витримує агротехнічні й хімічні заходи, спрямовані на його знищення, швидко розмножується і становить серйозну загрозу українським полям.

Втручання інвазій у природні еколого-ценотичні процеси викликає перерозподіл видів в угрупованнях. Нині за інвазійною спроможністю в Україні найбільшу потенційну небезпеку для довкілля становлять види рослин, що знаходяться в стані експансії (принаймні 29 видів) і види з високою інвазійною спроможністю (близько 100 видів) (Protopopova et al., 2002). Присутність інвазійних видів рослин у посівах сільськогосподарських культур суттєво знижує урожайність.

У зв'язку з вищезазначеним, першим положенням стратегії захисту посівів є те, що всі заходи із захисту посівів мають бути спрямованими не на знищення, а на контролювання бур'янів на межі економічного порогу шкочинності. Такий поріг для кожного виду бур'янів визначається як кількість сходів даного виду, при якій вартість втрати врожаю культури дорівнюватиме вартості витрат на знищення цих бур'янів. Завдяки такому контролюванню видовий склад бур'янів в агрофітоценозах не зазнаватиме різких змін, хоча

потенційне засмічення буде підтримуватися на певному мінімальному економічно та екологічно прийнятному рівні.

Основними чинниками, які визначають потенційне засмічення та забур'янення агрофітоценозів, є сівозміна, агротехніка та хімічні засоби контролювання бур'янів (Bàrberi, Lo Cascio, 2001; Tunesca et al., 2001; Gallandt, 2006; Melander et al., 2008; Amuri et al., 2010). Існують різні думки щодо питомої ваги кожного з цих факторів, однак очевидним є те, що значною мірою всі ці фактори поєднані між собою, оскільки вибір певних культур передбачає й застосування певних агротехнічних прийомів, оптимальних для вирощування культури у даних ґрунтово-кліматичних умовах, і асортимент гербіцидів, рекомендованих для застосування на цій культурі. З цього випливає другий важливий принцип стратегії контролювання бур'янів – використання інтегрованих технологій захисту посівів, що передбачає поєднання й взаємопогодження сівозміни, агротехніки та хімічних засобів захисту.

За рахунок однієї лише сівозміни можна поліпшити контролювання бур'янів незалежно від обробітку ґрунту, оскільки ротація культур впливає на популяції бур'янів та їхній склад шляхом зміни насінневого банку бур'янів і їхнього подальшого росту (Bellinder et al., 2004). У довготривалих дослідженнях у сівозмінах отримали загалом менші банки насіння бур'янів з меншою кількістю видів, ніж у монокультурі (Sosnoskie et al., 2006, Legere et al., 2011). При вирощуванні монокультур повторюється один і той самий тиск добору, що сприяє накопиченню видів бур'янів, які за фенотипом і фенологією подібні до культури, наприклад, злакових бур'янів у посівах зернових (Koocheki et al., 2009).

Останнім часом у сільськогосподарському виробництві спостерігається тенденція до мінімізації механічних обробок ґрунту, зокрема зменшення кількості та глибини обробок, заміна обертання пласта на безвідвальне рихлення та навіть повна відмова від рихлення ґрунту – так звані нульові (no-till) технології. Мінімізація застосування агротехніки зумовлена як економічними чинниками, пов'язаними з перманентним зростанням вартості паливно-мастильних матеріалів та трудових витрат, так і екологічними міркуваннями, зокрема з необхідністю запобігання ерозії ґрунтів.

За системи no-till більша кількість насіння бур'янів розподіляється на поверхні ґрунту або поблизу неї (Bàrberi, Lo Cascio, 2001), що може сприяти кращому його проростанню. Оранка впливає на життєвий цикл бур'янів, головним чином внаслідок знищення проростків та ініціювання проростання насіння, а також через дію на просторовий розподіл відрізків кореневищ або інших здатних до вегетативного відновлення частин рослин багаторічних видів (Legere et al., 2011).

Зрозуміло, що скорочення агротехнічних прийомів може призвести до підвищення потенційного засмічення ґрунту насінням бур'янів, що посилює роль хімічних засобів захисту і висуває додаткові вимоги до їхньої ефективності. У зв'язку з цим, головне навантаження в інтегрованих системах захисту посівів припадає на хімічні засоби контролювання бур'янів. Сам цей факт не підлягає сумніву, якщо виходити з даних щодо масштабів застосування та загальносвітових витрат на хімічні засоби захисту посівів, однак питання щодо екологічної безпечності та доцільності подальшого поширення та розвитку хімічного методу контролювання бур'янів залишається предметом дискусій.

З кінця XIX століття, коли випадково були відкриті гербіцидні властивості бордоської рідини, до нинішнього часу в розвитку хімічних засобів боротьби з бур'янами досягнуто значного прогресу, що й дозволило вважати гербіциди основною ланкою інтегрованих систем захисту посівів від бур'янів (Morderer, 2000; Morderer, Merezhinsky, 2009). Паралельно з підвищенням ефективності та селективності збільшилась і екологічна безпечність застосування гербіцидів: з'явилися нові класи гербіцидних препаратів, які майже не токсичні для тваринних організмів (Kraehmer et al., 2014). За допомогою генно-інженерних методів було створено трансгенні культурні рослини, резистентні до екологічно безпечних неселективних гербіцидів (Mazur, Falco, 1989; Dyer, 1991; Kishore et al., 1992; Sorochinsky et al., 2006). Однак вважати вирішеними всі основні проблеми, пов'язані з масштабним застосуванням гербіцидів, поки що не можна. По-перше, при систематичному застосуванні гербіцидів, завдяки обмеженості спектра їхньої дії, неодмінно відбуваються зміни видового складу бур'янів; при цьому, звичайно, підвищується засміченість агрофітоценозів стійкими видами

(Ivashchenko, 2001). В окремих випадках, коли ці види є шкодочинними, виникають серйозні труднощі з забезпеченням захисту посівів. Останнім часом найбільш актуальною проблемою є поява та розповсюдження резистентних біотипів бур'янів, що викликані скороченням сівозмін та перманентним застосуванням тотожних за механізмами дії гербіцидних препаратів (Gressel, 1992; Hear, 2018; Vencil et al., 2012). Велике занепокоєння викликають зареєстровані випадки переносу генів резистентності від трансгенних культурних рослин до їхніх диких родичів (Jorgensen et al., 1996; Massinga et al., 2003; Perez-Jones et al., 2010), а також виникнення в популяції трансгенної культури крос-резистентних, тобто стійких до гербіцидів з різними механізмами фітотоксичності, рослин та засмічення їх падалицею посівів інших культур (Hall et al., 2000). Можливість подальшого виникнення та розповсюдження резистентних та особливо крос-резистентних біотипів бур'янів взагалі ставить під сумнів перспективи хімічного методу боротьби з бур'янами (Prestone, 2004; Reade et al., 2004; Beckie, 2006).

Екологічні наслідки застосування гербіцидів, особливо за умови підвищення гербіцидного навантаження, також викликають певне занепокоєння. По-перше, неможливо повністю виключити накопичення залишків токсикантів та особливо їхніх метаболітів у об'єктах навколишнього середовища. По-друге, незважаючи на відсутність у гербіцидів останнього покоління токсичності щодо тваринних організмів, при широкомасштабному застосуванні не можна заперечувати існування потенційної небезпеки, пов'язаної з віддаленими наслідками впливу таких гербіцидів. Упровадження в сільськогосподарське виробництво трансгенних культурних рослин, стійких до гербіцидів суцільної дії, таких як гліфосат і глюфосинат, безумовно, зменшує вірогідність накопичення залишків гербіцидів у довкіллі, а в окремих випадках, при вирощуванні трансгенного ріпаку, дозволяє суттєво (майже на 40%) зменшити загальний об'єм застосування гербіцидів (Sorochinsky et al., 2006). Однак, поширення трансгенних культур не може розглядатися як захід, який дозволяє загалом зменшити пестицидне навантаження, по-перше, оскільки для підвищення ефективності застосування гліфосату або глюфосинату необхідно мінімізувати механічні обробки ґрунту. Внаслідок цього, на поверхні

грунту зберігаються залишки ушкоджених гербіцидами бур'янів, що сприяє розвитку збудників хвороб та шкідників і вимагає відповідного збільшення застосування фунгіцидів та інсектицидів (Kawate et al., 1997). По-друге, відмова від селективних гербіцидів та перманентне застосування гліфосату або глюфосинату неодмінно має призвести до розповсюдження стійких до цих гербіцидів біотипів бур'янів, що вже й відбувається, зокрема стосовно біотипів, стійких до гліфосату (Powles et al., 1998; Van Gessel, 2001; Culpepper, 2006). Крім того, досвід вирощування трансгенних культур засвідчує, що для ефективного захисту від бур'янів потрібні дві або навіть три обробки гліфосатом або глюфосинатом, що є досить витратним (Johnson et al., 2000). Якщо витрати на захист трансгенних цукрових буряків є меншими, ніж при застосуванні селективних гербіцидів (Wilson, 2002), то на посівах трансгенних кукурудзи (Tharp, Kells, 2002; Armel et al., 2003) та сої (Gonzini et al., 1999; Culpepper et al., 2000; Whitaker et al., 2010) дедалі більш поширеним стає комплексне застосування гліфосату або глюфосинату з селективними гербіцидами, яке виявилось рентабельнішим. Таким чином, впровадження трансгенних культур дозволяє підвищити ефективність знищення бур'янів та певною мірою зменшити негативний вплив гербіцидів на довкілля, однак ніяк не може розглядатись як остаточне та повне розв'язання проблеми екологічної безпеки застосування гербіцидів.

Останнім часом удосконалення основних характеристик гербіцидів, зокрема збільшення кількості видів контрольованих бур'янів, здійснюється переважно шляхом комплексного застосування кількох діючих речовин, доповнюючих одна одну за спектром дії (Morderer, 2000; 2001; Morderer, Merezhinsky, 2009). Це реалізується або шляхом створення комплексних гербіцидних препаратів, які складаються з кількох діючих речовин, або шляхом застосування окремих гербіцидних препаратів у комплексах та бакових сумішах. Комплексування гербіцидів вважається також основним засобом попередження виникнення біотипів бур'янів, резистентних до гербіцидів з певним механізмом дії (Gressel, 1992; Norsworthy et al., 2012).

При комплексуванні фітотоксична дія гербіцидів може змінюватися внаслідок ефектів взаємодії:

у випадку антагоністичної взаємодії фітотоксична дія зменшується, а при синергічній, навпаки, зростає. Очевидно, що при створенні гербіцидних композицій необхідно враховувати ефекти взаємодії з тим, щоб дія гербіцидів на бур'яни зростала, а вірогідність негативного впливу на культурні рослини, навпаки, зменшувалася.

За допомогою статистичних методів була здійснена спроба узагальнити інформацію щодо ефекту взаємодії гербіцидів (Zhang et al., 1995). Загальний аналіз показав, що антагонізм майже удвічі поширеніший, ніж синергізм. Для дводольних видів рослин вірогідність синергічної та антагоністичної взаємодії була приблизно рівною, а для однодольних – вірогідність антагонізму значно перевищувала. Не було виявлено достовірної різниці між вірогідністю антагоністичної та синергічної взаємодії по відношенню до культурних рослин та бур'янів. Однак переважання певного типу взаємодії було притаманне представникам окремих родин рослин.

Застосування специфічних для кожного з компонентів гербіцидного комплексу критеріїв фітотоксичності дозволило встановити певні закономірності ефекту взаємодії, які неможливо було визначити за допомогою статистичних методів або при використанні інтегральних критеріїв фітотоксичності (Morderer, Merezhinsky, 2009; Morderer et al., 2014). По-перше виявилось, що взаємодію гербіцидів не завжди можна звести до категорій синергізму або антагонізму, оскільки в багатьох випадках вибірна фітотоксичність одного з компонентів гербіцидної суміші може змінюватись незалежно від зміни активності другого. Закономірності ефекту взаємодії дозволяють за рахунок добору компонентів сумішей спрямовано корегувати фітотоксичну дію гербіцидів. Якщо культурні рослини недостатньо стійкі до гербіциду, який доцільно застосовувати при певному характері засміченості, то другий компонент може бути обраний серед препаратів, здатних антагоністично зменшувати дію першого компонента. Так, зменшення вірогідності пошкодження кукурудзи гербіцидами – похідними хлорацетаніліду, зокрема ацетохлором, може досягатись за рахунок застосування їх у суміші з похідними сим-триазину (Morderer et al., 2000; Morderer, 2001). Антидотний ефект спостерігається також за дії суміші похідного динітроаніліну трифлураліну з похідним сим-триазину

прометрином на рослини сої, яка за певних умов може пошкоджуватись прометрином. Аналогічний ефект спостерігається при застосуванні в посівах сої суміші похідного хлорацетаніліду метолахлору з іншим інгібітором транспорту електронів (ІТЕ) – похідним ас-триазинону метрибузином (Sorokina et al., 2011). Антагоністичне зменшення фітотоксичності грамініциду феноксапроп-*P*-етили в сумішах із похідними сульфонілсечовини зменшує вірогідність пошкодження грамініцидами рослин пшениці (Morderer, Merezhinsky, 2001; Morderer et al., 2013). Таким чином, у зазначених вище гербіцидних сумішах антагонізм проявляється лише по відношенню до середньостійких або стійких культурних рослин, а по відношенню до середньочутливих або чутливих рослин, до яких належить переважна більшість видів бур'янів, взаємодія компонентів цих сумішей адитивна або навіть синергічна. Прикладом такого оптимального використання ефекту взаємодії, коли ефективність контролювання бур'янів синергічно збільшується, а вірогідність пошкодження культури зменшується за рахунок антагонізму, є препарати примекстра голд та примекстра TZ голд, діючими речовинами яких є хлорацетанілід метолахлор та похідні сим-триазину атразин чи тербутилазин.

Зрозуміло, що для підвищення ефективності контролювання бур'янів, у тому числі окремих стійких їхніх видів, бажано, щоб фітотоксична дія компонентів суміші синергічно збільшувалася. Як свідчить аналіз літературних даних, при комплексуванні гербіцидів, які належать до однієї групи хімічних сполук або мають спільний сайт дії, у більшості випадків синергічно підвищується ефективність контролювання бур'янів (Zhang et al., 1995). Зокрема, синергічне підвищення фітотоксичної дії в сумішах гербіцидів інгібіторів ацетолактатсинтази (АЛС) імазамоксу та тифенсульфурон-метилу дозволяє зберегти високий рівень захисту посівів сої при суттєво знижених нормах внесення компонентів суміші, що підвищує селективність цих гербіцидів щодо культури та зменшує негативний вплив гербіцидів на симбіотичну азотфіксацію (Palanytsya et al., 2012, Sorokina et al., 2012). Однак синергічне підвищення фітотоксичної дії при комплексуванні гербіцидів зі спільним сайтом не є абсолютним правилом; в окремих випадках спостерігається протилежний ефект. Так, при комплексуванні нового ауксиноподібного гербіциду ариллексу з

іншими синтетичними ауксинами клопіралідом або піклорамом фітотоксична дія ариллексу на ріпак антагоністично зменшується, що дозволяє застосувати комплексні препарати на базі цих діючих речовин у посівах ріпаку, хоча окреме застосування ариллексу призводить до пошкодження культурних рослин (Anonymous, 2013).

Синергічна взаємодія може спостерігатися не лише при комплексуванні гербіцидів зі спільним сайтом дії. Так, загальною закономірністю ефекту взаємодії є підвищення фітотоксичності гербіцидів, ефективних проти дводольних видів бур'янів, при їхньому комплексуванні з грамініцидами, які є інгібіторами ацетил-КоА-карбоксилази (АКК) і діють виключно на злакові види рослин. У сумішах з грамініцидами збільшувалася фітотоксична дія ІТЕ у ФС2 метрибузину та фенмедифаму (Morderer, Khodeeva, 1996). Слід зазначити, що в цьому випадку характер взаємодії не залежав від чутливості рослин, а тому, щоб уникнути пошкодження культурних рослин, норму внесення метрибузину та фенмедифаму необхідно зменшувати. При застосуванні в посівах ріпаку сумішею грамініцидів з препаратом галера, діючими речовинами якого є ауксиноподібні гербіциди клопіралід та піклорам, ефективність їхньої дії суттєво зростала (Morderer et al., 2007). Аналогічний ефект спостерігався при застосуванні в посівах соняшника сумішею грамініцидів з препаратом сальса, діючою речовиною якого є інгібітор АЛС етаметсульфурон-метил (Morderer et al., 2014). При застосуванні в посівах озимої пшениці сумішею грамініциду пума супер, діючою речовиною якого є феноксапроп-*P*-етил, з препаратами, діючими речовинами яких є інгібітори АЛС, дія останніх значно прискорювалася (Morderer, Merezhinsky, 2001; Morderer et al., 2013).

Загальною закономірністю є синергічна взаємодія в сумішах ауксиноподібних гербіцидів з гербіцидами інгібіторами АЛС, завдяки чому підвищується ефективність контролювання дводольних видів бур'янів (Morderer et al., 2002; Morderer, Lukyanenko, 2002; Isaaks et al., 2006; Trach et al., 2007; Morderer, Merezhinsky, 2009).

Цей ефект використано при створенні багатьох комплексних препаратів: пріма, ланцелот, таск, серто плюс. У той же час необхідно враховувати, що синергічне підвищення фітотоксичної дії у цих сумішах гарантовано лише для однорічних

видів дводольних бур'янів. В окремих випадках при застосуванні сумішей синтетичних ауксинів з інгібіторами АЛС може прискорюватися відростання багаторічних дводольних бур'янів, зокрема осоту рожевого польового (Nizkov et al., 2014)

Закономірністю ефекту взаємодії є синергічна взаємодія в сумішах гербіцидів ІТЕ у ФС 2 з інгібіторами 4-гідроксифенілпіруватдіоксигенази (ГФПД), які блокують біосинтез каротиноїдів (Taylor-Lovell, Wax, 2001; Abendroth et al., 2005; Willis et al., 2007; Armel et al., 2008). Даний ефект реалізований у комплексному препараті люмакс, до складу якого окрім метолахлору входять ІТЕ у ФС 2 тербутилазин та інгібітор ГФПД мезотріон. У той же час, додавання мезотріону до інгібіторів АЛС призводить до антагоністичного зменшення їхньої фітотоксичності (Schuster et al., 2008).

Важливою закономірністю ефекту взаємодії є зменшення фітотоксичної дії системних препаратів у сумішах з гербіцидами, які пригнічують фотосинтез. Відомо, що транслокація діючих речовин гербіцидів пов'язана з транспортом асимілятів. Тому цілком передбачуваним є антагонізм, що проявляється при використанні комплексів або сумішей системних гербіцидів з гербіцидами, вплив яких на фотосинтез пригнічує й транспорт асимілятів. Зменшення ефективності дії на багаторічні види бур'янів неселективного системного гербіциду гліфосату спостерігалось при його застосуванні в сумішах з різними ІТЕ: атразином, симазином, бромоксинілом, метрибузином, діуроном, що пояснюється зниженням транслокації гліфосату у кореневу систему багаторічних бур'янів (Steele et al., 2008; Morderer, Merezhinsky, 2009). ІТЕ також антагоністично зменшували фітотоксичну дію гербіцидів інгібіторів АЛС, гальмуючи їхню транслокацію з листків до меристеми пагона. Аналогічний ефект спостерігався й при комплексуванні інгібіторів АЛС з інгібітором біосинтезу каротиноїдів мезотріоном (Schuster et al., 2008).

Вивчення закономірностей ефектів взаємодії дозволило розробити ряд ефективних сумішей та комплексів гербіцидів для захисту посівів зернових колосових, кукурудзи, сої, овочевих культур (Morderer, Merezhinsky, 2009; Morderer et al., 2014). Однак різке зростання загрози резистентності викликає необхідність розробки нових гербіцидних

композицій. Справа в тому, що значна частина створених комплексних препаратів та гербіцидних сумішей неефективні з точки зору попередження виникнення резистентності. Так, для отримання синергічного підвищення фітотоксичної дії в багатьох випадках при комплексуванні використовували діючі речовини з одним сайтом дії, а для попередження резистентності необхідно комплексувати гербіциди з різними механізмами фітотоксичності. Крім того, вибір компонентів гербіцидних композицій завжди здійснювався таким чином, щоб спектр видів контрольованих бур'янів одного компонента доповнював дію другого. В окремих випадках, зокрема при комплексуванні грамініцидів (ефективних проти злакових видів) з гербіцидами, що є ефективними проти дводольних видів бур'янів, спектри дії компонентів таких композицій взагалі не перетинаються. У той же час, для боротьби з резистентністю бур'янових рослин до дії гербіцидів необхідно, щоб спектри дії компонентів гербіцидної композиції суттєво перетиналися.

## Висновки

Підсумовуючи викладений матеріал, можна констатувати, що з урахуванням необхідності збереження біорізноманіття сучасна стратегія контролювання бур'янів складається з таких основних елементів:

- заходи щодо захисту посівів мають бути спрямовані на контролювання бур'янів на межі економічного порогу шкодочинності;
- контролювання бур'янів має здійснюватися за допомогою інтегрованих систем захисту посівів, що передбачає поєднання й взаємопогодження сівозміни, агротехніки та хімічних засобів захисту;
- інтегровані системи захисту мають забезпечити підтримання або зменшення потенційного засмічення протягом ротації культур у сівозміні;
- видовий склад бур'янів у агрофітоценозах не повинен зазнавати різких змін, окрім суттєвого зниження потенційного засмічення особливо шкодочинними видами бур'янів;
- основною ланкою інтегрованих систем захисту посівів є комплексне застосування гербіцидів з використанням гербіцидних композицій, спроможних попереджувати виникнення резистентних біотипів бур'янів.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Abendroth J.A., Martin A.R., Roeth F.W. Plant response to combinations of mesotrione and photosystem 2 inhibitors. *Weed Technol.*, 2006, 20(1): 267–274. <https://doi.org/10.1614/WT-05-020R.1>
- Anonymous. *Arylex™ Active – Technical Bulletin*, 2013. Available at: <http://www.arylex.com/en> (accessed 05.03.2018).
- Amuri N., Brye K.R., Gbur E.E., Oliver D., Kelley J. Weed populations as affected by residue management practices in a wheat–soybean double-crop production system. *Weed Sci.*, 2010, 58(3): 234–243. <https://doi.org/10.1614/WS-09-088.1>
- Armel G.R., Wilson H.P., Richardson R.J., Whaley C.M., Hines T.E. Mesotrione combinations with atrazine and bentazon for yellow and purple nutsedge (*Cyperus esculentus* and *C. rotundus*) control in corn. *Weed Technol.*, 2008, 22(3): 91–396. <https://doi.org/10.1614/WT-07-178.1>
- Armel G., Wilson H.P., Richardson R.J., Hines T.E. Mesotrione alone and in mixtures with glyphosate in glyphosate-resistant corn (*Zea mays*). *Weed Technol.*, 2003, 17(4): 680–685. <https://doi.org/10.1614/WT02-77>
- Barberi P., Lo Cascio B. Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition. *Weed Res.*, 2001, 41: 325–340. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00241.x>
- Beckie H.J. Herbicide-resistant weeds: management tactics and practices. *Weed Technol.*, 2006, 20(3): 793–814. <http://doi.org/10.1614/WT-05-084R1.1>
- Bellinder R.R., Dillard H.R., Shah D.A. Weed seedbank community responses to crop rotation schemes. *Crop Prot.*, 2004, 23: 95–101. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00174-1)
- Culpepper A.S. Glyphosate-induced weed shifts. *Weed Technol.*, 2006, 20(2): 277–281. <https://doi.org/10.1614/WT-04-155R.1>
- Culpepper A.S., York A.C., Batts R.B., Jennings K.M. Weed management in glufosinate- and glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technol.*, 2000, 14(1): 77–88. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0077:WMIGAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0077:WMIGAG]2.0.CO;2)
- Dyer W. Application of molecular biology in weed science. *Weed Sci.*, 1991, 39(2): 482–488.
- Fisyunov A.A. *Sornye rasteniya*. Moscow: Kolos, 1984, 319 pp. [Фисюнов А.А. *Сорные растения*. М.: Колос, 1984, 319 с.].
- Gallandt E.R. How can we target the weed seedbank? *Weed Sci.*, 2006, 54(3): 588–596. <https://doi.org/10.1614/WS-05-063R.1>
- Gonzini L.C., Hart S.E., Wax L.M. Herbicide combinations for weed management in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technol.*, 1999, 13: 334–360. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00041853>
- Gressel J. Addressing real weed science needs with innovations. *Weed Technol.*, 1992, 6: 503–508.
- Guralchuk Zh.Z., Gudkov I.M. *Physiol. and biochem. of cultivated plants*, 2005, 37 (5): 371–383 [Гуральчук Ж.З., Гудков И.М. Фітормедіація та її роль в очищенні ґрунтів від важких металів та радіонуклідів. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2005, 37(5): 371–383].
- Hall L., Topinka K., Huffman J., Davis L. Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multiple-resistant *B. napus* volunteers. *Weed Sci.*, 2000, 48(4): 688–694. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0688:PFBHRB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0688:PFBHRB]2.0.CO;2)
- Heap I. *International survey of herbicide-resistant weeds*. Available at: <http://www.weedscience.com> (accessed 12.07.2018).
- Importance of weeds or benefits or advantages derived from weeds. *AgriInform 2015*. Available at: <http://www.agriinfo.in/default.aspx?page=topic&superid=1&topicid=2174> (accessed 15.05.2018).
- Isaaks M.A., Hatzios K.K., Wilson H.P., Toler J. Halosulfuron and 2,4-D mixtures' effects on common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Technol.*, 2006, 20: 137–142. <https://doi.org/10.1614/WT-04-317R.1>
- Ivashchenko O.O. *Bur'yany v ahrofitotsenozakh*. Kyiv: Svit, 2001, 235 pp. [Івашченко О.О. *Бур'яни в агрофітосоценозах*. Київ: Світ, 2001, 235 с.].
- Johnson W., Bradley P., Hart S. Efficacy and economics of weed management in glyphosate-resistant corn (*Zea mays*). *Weed Technol.*, 2000, 14(1): 57–65.
- Jorgensen R., Andersen B., Landbo L., Mikkelsen T. Spontaneous hybridization between oilseed rape (*Brassica napus*) and weedy relatives. *Acta Hort.*, 1996, 407: 193–200.
- Kawate M.K., Colwell S.G., Ogg A.G., Kraft J.M. Effect of glyphosate-treated henbit (*Lamium amplexicaule* L.) and downy brome (*Bromus tectorum* L.) on *Fusarium solani* f. sp. *pisi* and *Pythium ultimum*. *Weed Sci.*, 1997, 45(6): 739–743.
- Kishore G., Padgett S.R., Fraley R.T. History of herbicide-tolerant crops, methods of development and current state of the art. Emphasis on glyphosate tolerance. *Weed Technol.*, 1992, 6: 626–634.
- Koocheki A., Nassiri M., Alimoradi L., Ghorbani R. Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. *Agron. Sustain. Dev.*, 2009, 29: 401–408. <https://doi.org/10.1051/agro/2008061>
- Kraehmer H., Laber B., Rosinger C., Shulz A. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safer technology: the path to modern agriculture. *Plant Physiol.*, 2014, 166: 1119–1131. <https://10.1104/pp.114.241901>
- Künast Ch., de Graeff R., Whitmore G. (eds.). *Pesticides and biodiversity. Agricultural productivity and biodiversity conservation*. Brussels: European Landowners' Organization (ELO) and the European Crop Protection Association (ECPA), 2013, 33 pp. Available at: [https://www.ecpa.eu/sites/default/files/7584%2BBiodiversity\\_V04\\_b%C3%A0t.pdf](https://www.ecpa.eu/sites/default/files/7584%2BBiodiversity_V04_b%C3%A0t.pdf)
- Legere A., Craig Stevenson F., Benoit D.L. The selective memory of weed seedbanks after 18 years of conservation tillage. *Weed Sci.*, 2011, 59(1): 98–106. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00092.1>



- Lemoine C., Sérusiaux E., Mahy G., Piqueray J. Agro-environmental scheme for segetal plant conservation in Wallonia (Belgium): an assessment in conventional and organic fields. *BASE – Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* [Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment], 2018, 22(1): 35–44. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.16307>
- Likarski roslyny: Entsyklop. dovidnyk. Ed. A.M. Grodzinsky. Kyiv: Vyd-vo Ukrainka Entsyklopediya im. M.P. Vazhana, 1992, 544 pp. [Лікарські рослини: Енцикл. довідник. Відп. ред. А.М. Гродзінський. Київ: Вид-во Українська Енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1992, 544 с.]
- Massing R.A., Al-Khatib K., Amand P., Miller J.F. Gene flow from imidazolinone-resistant domesticated sunflower to wild relatives. *Weed Sci.*, 2003, 51(6): 854–862. <https://doi.org/10.1614/WS-03-032R>
- Mazur B.J., Falco S.C. The development of herbicide resistant crops. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1989, 40: 441–470.
- Melander B., Holst N., Jensen P.K., Hansen E.M., Olesen J.E. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. *Weed Res.*, 2008, 48: 48–57. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00597.x>
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. *Slovar ponyatiy i terminov sovremennoy fitotsenologii*. Moscow: Nauka, 1989, 223 pp. [Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. *Словарь понятий и терминов современной фитоценологии*. М.: Наука, 1989, 223 с.]
- Morderer Ye.Yu. *Izбирателна фитотоксичност гербицидов*. Kiev: Logos, 2000, 240 pp. [Мордерер Е.Ю. *Избирательная фитотоксичность гербицидов*. Киев: Логос, 2000, 240 с.]
- Morderer Ye.Yu. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2001, 33(5): 394–397. [Мордерер Е.Ю. Антидотна активність гербициду дуалу по відношенню до фітотоксичної дії гербицидів інгібіторів транспорту електронів у хлоропластах. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2001, 33(5): 394–397].
- Morderer Ye.Yu. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2001, 33(3): 251–255. [Мордерер Е.Ю. Підвищення вибірної фітотоксичності у сумішах гербицидів. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2001, 33(3): 251–255].
- Morderer Ye.Yu., Makarchuk T.L., Zolotareva N.F., Dubrovskaya A.A. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2000, 32(1): 64–68. [Мордерер Е.Ю., Макачук Т.Л., Золотарєва Г.Ф., Дубровська А.А. Влияние смеси гербицидов ацетала и атразина на растения кукурузы. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2000, 32(1): 64–68].
- Morderer Ye.Yu., Khodeeva L.V. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 1996, 28(6): 359–365. [Мордерер Е.Ю., Ходеева Л.В. Физиологическая оценка эффекта взаимодействия в комплексе флуазифоп-бутила с некоторыми гербицидами. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 1996, 28(6): 359–365].
- Morderer Ye.Yu., Lukuanchenko O.S., Rodzevych O.P. *Quarantine and Plant Protection*, 2007, 53: 47–50. [Мордерер Е.Ю., Лук'яненко О.С., Родзевич О.П. Ефективність та селективність застосування системного гербициду Галера 334 SL, в. р. в посівах ріпаку та гірчиці. *Карантин та захист рослин*, 2007, 53: 47–50].
- Morderer Ye.Yu., Lukuanchenko O.S. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2002, 34(3): 265–269. [Мордерер Е.Ю., Лук'яненко О.С. Застосування бакових сумішей гербициду тітусу з ауksиноподібними гербицидами на посівах кукурудзи. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2002, 34(3): 265–269].
- Morderer Ye.Yu., Merezhinsky Yu.G. *Plant Protection (Kyiv)*, 2001, 10: 11–12. [Мордерер Е.Ю., Мережинський Ю.Г. Бакові суміші гербицидів. Застосування препаратів похідних сульфонілсечовини з похідними арилоксифеноксипропіонової кислоти для захисту посівів озимої пшениці та ярого ячменю. *Захист рослин*, 2001, 10: 11–12].
- Morderer Ye.Yu., Merezhinsky Yu.G. *Herbitsydy. Vol. 1. Mekhanizmu dii ta praktyka zastosuvannya*. Kyiv: Logos, 2009, 379 pp. [Мордерер Е.Ю., Мережинський Ю.Г. *Гербициди. Т. 1. Механізми дії та практика застосування*. Київ: Логос, 2009, 379 с.]
- Morderer Ye.Yu., Merezhinsky Yu.G., Lukuanchenko O.S. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2002, 34(1): 35–39. [Мордерер Е.Ю., Мережинський Ю.Г., Лук'яненко О.С. Застосування бакових сумішей гранстару та ланцету на посівах озимої пшениці. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2002, 34(1): 35–39].
- Morderer Ye.Yu., Nizkov Ye.I., Radchenko M.P., Rodzevych O.P., Sychuk A.M. *Kontrolyuvannya bur'yaniv v posivakh silskohospodarskykh kultur za dopomohoyu herbisydiv*. Kyiv: Logos, 2014, 260 pp. [Мордерер Е.Ю., Нізков Є.І., Радченко М.П., Родзевич О.П., Сичук А.М. *Контролювання бур'янів у посівах сільськогосподарських культур за допомогою гербицидів*. Київ: Логос, 2014, 260 с.]
- Morderer Ye.Yu., Radchenko M.P., Nizkov Ye.I., Rodzevych O.P. *Plant Physiology and Genetics*, 2013, 45(4): 349–357. [Мордерер Е.Ю., Радченко М.П., Нізков Є.І., Родзевич О.П. Ефективність контролювання бур'янів при застосуванні у посівах озимої пшениці суміші гербицидів пума супер, зенкор і гродил максі. *Физиол. растений и генетика*, 2013, 45(4): 349–357].
- Morgun V.V., Schwartau V.V., Kirizij D.A. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2010, 42(5): 371–392. [Моргун В.В., Швартау В.В., Киризієв Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиол. и биохим. культ. раст.*, 2010, 42(5): 371–392].
- Morgun V.V., Logvinenko V.F. *Mutatsionnaya izmenchivost pshenitsy [Mutational variability of wheat]*. Kiev: Naukova Dumka, 1995, 652 pp. [Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. *Мутационная изменчивость пшеницы*. Киев: Наук. думка, 1995, 652 с.]
- Morgun V.V., Sanin Ye.V., Schwartau V.V. *Klub 100 tsentneriv. Sorty ta optimalni systemy vyroshchuvannya ozymoi pshenitsy*. Kyiv: Logos, 2012, 131 pp. [Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. *Клуб 100 центнерів. Сорти та оптимальні системи вирощування озимої пшениці*. Київ: Логос, 2012, 131 с.]

- Mosyakin S.L. Life strategies of wild relatives of crop plants as prerequisites of their domestication. In: *Botany and mycology: modern horizons*. Kiev: Akadempriodika, 2007, pp. 150–168. [Мосякин С.Л. Жизненные стратегии диких предков культурных растений как предпосылки доместикации. В кн.: *Ботаника и микология: современные горизонты: Сб. трудов, посвящ. 80-летию со дня рождения академика НАН Украины А.М. Гродзинского (1926–1988)*. Киев: Академперіодика, 2007, с. 150–168].
- Mouden S., Klinkhamer P.G.L., Choi Y.H., Leiss K.A. Towards eco-friendly crop protection: natural deep eutectic solvents and defensive secondary metabolites. *Phytochem Rev.*, 2017, 16(5): 935–951. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9502-8>
- Nizhko V.P. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 1997, 29(1): 15–23. [Ніжко В.П. Проблема рослинного білка і деякі шляхи її вирішення. *Фізіол. і біохім. культ. раст.*, 1997, 29(1): 15–23].
- Nizkov Ye.I., Rodzevich O.P., Omelchuk S.T., Borisenko A.A., Korshun O.M., Morderer Ye.Yu. *Plant Physiology and Genetics*, 2014, 46(4): 337–342. [Нізков Є.І., Родзевич О.П., Омельчук С.Т., Борисенко А.А., Коршун О.М., Мордерер Є.Ю. Ефективність дії та транслокація системного ауксиноподібного гербіциду клопираліду в кореневу систему осоку рожевого польового при внесенні у сумішах з гербіцидами інгібіторами ацетолактатсинтази. *Фізіол. растений и генетика*, 2014, 46(4): 337–342].
- Norsworthy J.K., Ward S.M., Shaw D.R., Llewellyn R.S., Wilchits R.L., Webster T.M., Bradley K.W., Frisvold G., Powles S.T., Burgos N.R., Witt W.W., Barret M. Reducing the risk of herbicide resistance: best management practices and recommendation. *Weed Sci.*, 2012, Special Issue: 31–62.
- Oerke E.C. Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.*, 2006, 144: 31–43. <http://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Palanytsya M.P., Sorokina S.I., Morderer Ye.Yu. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2012, 44(4): 302–311. [Паланиця М.П., Сорокіна С.І., Мордерер Є.Ю. Активні форми кисню та їх трансформація під час формування бобово-ризобіального симбіозу за дії гербіцидів. *Фізіол. і біохім. культ. раст.*, 2012, 44(4): 302–311].
- Perez-Jones A., Martins V.A.B., Mallory-Smith C.A. Hybridization in a commercial production field between imidazolinone-resistant winter wheat and jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) results in pollen-mediated gene flow of Im1. *Weed Sci.*, 2010, 58(4): 395–401. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00027.1>
- Pfiffner L., Armengot L. Biodiversity as a prerequisite of sustainable organic farming. In: *Improving organic crop cultivation*. Ed. U. Köpke. Cambridge: Burleigh Dodd Sci. Publ., 2018, pp. 401–434.
- Powles S., Lorraine-Colwill D., Dellow J., Preston C. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. *Weed Sci.*, 1998, 46(5): 604–607.
- Prestone C. Herbicide resistance in weeds endowed by enhanced detoxification: complications for management. *Weed Sci.*, 2004, 52(3): 448–453. <https://doi.org/10.1614/P2002-168B>
- Protopopova V.V., Mosyakin S.L., Shevera M.V. *Fitoinvazii v Ukraini yak zahroza bioriznomanitnyu: suchasnyi stan i zavdannya na maybutnye*. Kyiv, 2002, 28 pp. [Протопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. *Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє*. Київ, 2002, 28 с.].
- Rabotnov T.A. *Fitotsenologiya*. Moscow: Izd-vo Moscow Univ., 1983, 296 pp. [Работнов Т.А. *Фитоценология*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983, 296 с.].
- Reade J.P.H., Milner L.J., Cobb A.H. A role for glutathion S-transferases in resistances to herbicides in grasses. *Weed Sci.*, 2004, 52(3): 468–474. <https://doi.org/10.1614/P2002-168D>
- Rotchés-Ribalta R., Blanco-Moreno J.M., Armengot L., José-María L., Sans F.X. Which conditions determine the presence of rare weeds in arable fields? *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2015, 203: 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.022>
- Rotchés-Ribalta R., Blanco-Moreno J.M., Armengot L., Sans F.X. Responses of rare and common segetal species to wheat competition and fertiliser type and dose. *Weed Res.*, 2016, 56(2): 114–123. <https://doi.org/10.1111/wre.12191>
- Schuster C.L., Al-Khatib K., Dille J.A. Efficacy of sulfonylurea herbicides when tank mixed with mesotrion. *Weed Technol.*, 2008, 22(2): 222–230. <https://doi.org/10.1614/WT-07-131.1>
- Sorochinsky V.V., Danylchenko O.O., Kripka H.V. *Biotechnologichni (henetychno modyfikovani) roslyny*. Kyiv: KVITs, 2006, 220 pp. [Сорочинський В.В., Данильченко О.О., Кріпка Г.В. *Біотехнологічні (генетично модифіковані) рослини*. Київ: КВІЦ, 2006, 220 с.].
- Sorokina S.I., Rodzevich O.P., Morderer Ye.Yu. *Physiol. and biochem. of cultivated plants*, 2011, 43(4): 287–296. [Сорокіна С.І., Родзевич О.П., Мордерер Є.Ю. Ефективність контролювання бур'янів і селективність щодо рослин сої за комплексного застосування гербіцидів метрибузину, метолахлору, трифлураліну. *Фізіол. і біохім. культ. раст.*, 2011, 43(4): 287–296].
- Sorokina S.I., Rodzevich O.P., Morderer Ye.Yu. *Physiol. Biochem. Cultivated Plants*, 2012, 44(4): 336–346. [Сорокіна С.І., Родзевич О.П., Мордерер Є.Ю. Ефективність контролювання бур'янів і селективність щодо рослин сої за комплексного застосування гербіцидів імазамоксу та тифенсульфурон-метилу. *Фізіол. і біохім. культ. раст.*, 2012, 44(4): 336–346].
- Sosnoskie L.M., Herms C.P., Cardina J. Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment. *Weed Sci.*, 2006, 54: 263–273. <https://doi.org/10.1614/WS-05-001R2.1>
- Spahillari M., Hammer K., Gladis T., Diederichsen A. Weeds as part of agrobiodiversity. *Outlook on Agriculture*, 1999, 28(4): 227–232. <https://doi.org/10.1177/003072709902800405>
- Steele G.I., Senseman S.A., Sciombato A.S., Chandler J.M. Diuron reduces absorption and translocation of glyphosate in sharpshooter morningglory (*Ipomoea cordatotriloba*). *Weed Technol.*, 2008, 22(3): 414–419. <https://doi.org/10.1614/WT-07-159.1>

- Storchous I. *Quarantine and plant protection*, 2016, 7: 16–20. [Сторчоус І. Знайомі незнайомці. *Карантин і захист рослин*, 2016, 7: 16–20].
- Taylor-Lovell S., Wax L.M. Weed control in field corn (*Zea mays*) with RPA 201772 combinations with atrazine and s-metolachlor. *Weed Technol.*, 2001, 15(2): 249–256. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0249:WC1FCZ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0249:WC1FCZ]2.0.CO;2)
- Tharp V.E., Kells J.J. Residual herbicides used in combinations with glyphosate and glufosinate in corn (*Zea mays*). *Weed Technol.*, 2002, 16: 274–281. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0274:RHUICW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0274:RHUICW]2.0.CO;2)
- Trach V.V., Nyzkov Ye.I., Rodzevych E.P., Morderer Ye.Yu. *Biol. Vestnik*, 2007, 11(1): 96–99. [Трач В.В., Низков Е.І., Родзевич Е.П., Мордерер Е.Ю. Физиологический механизм синергического повышения фитотоксичности при применении смесей ауксиноподобных гербицидов и гербицидов ингибиторов ацетолаттасинтазы. *Биол. вестник*, 2007, 11(1): 96–99].
- Tuesca D., Puricelli E., Papa J.C. A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Res.*, 2001, 41(4): 369–382. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00245.x>
- Tuganaev V.V. *Agrofitotsenozy sovremennogo zemledeliya i ikh istoriya*. Moscow: Nauka, 1984, 88 pp. [Туганаев В.В. *Агрофитоценозы современного земледелия и их история*. М.: Наука, 1984, 88 с.].
- Van Gessel M. Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. *Weed Sci.*, 2001, 49(6): 703–705. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0703:RPRHFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0703:RPRHFD]2.0.CO;2)
- Vencil W.K., Nichols R.L., Webster T.M., Soteres J.K., Mallory-Smith C., Burgos N.R., Johnson W.G., McClelland M.R. Herbicides resistance: toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crop. *Weed Sci.*, 2012, Special Issue: 2–30. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00206.1>
- Whitaker J.R., York A. C., Jordan D.L., Culpepper A.S. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in soybean with glyphosate and conventional herbicide systems. *Weed Technol.*, 2010, 24: 403–410. <https://doi.org/10.1614/WT-D-09-00043.1>
- Willis J.B., Askey S.D., McElroy J.S. Improved white clover control with mesotrione by tank-mixing bromoxynil, carfentrazone and simazine. *Weed Technol.*, 2007, 21: 739–743. <https://doi.org/10.1614/WT-06-091.1>
- Wilson R.G., Yonts C.D., Smith J.A. Influence of glyphosate and glufosinate on weed control and sugarbeet (*Beta vulgaris*) yield in herbicide-tolerant sugarbeet. *Weed Technol.*, 2002, 16: 66–73. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0066:IOGAGO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0066:IOGAGO]2.0.CO;2)
- Zhang J., Hamill A.S., Weaver S.E. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. *Weed Technol.*, 1995, 9: 86–90. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00023009>

Рекомендує до друку  
С.Л. Мосякін

Надійшла 23.09.2018

Мордерер Є.Ю., Гуральчук Ж.З., Моргун В.В. **Проблема контролювання сеgetальної рослинності в агрофітоценозах у контексті збереження біорізноманіття.** Укр. бот. журн., 2018, 75(6): 552–563.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України  
вул. Васильківська, 31/17, Київ 03022, Україна

Бур'яни протягом тривалого періоду часу співіснують з культурними рослинами в агрофітоценозах і є індикаторами біорізноманіття. З фітоценотичної точки зору існування бур'янів є цілком закономірним, проте з господарських міркувань вони є суто негативним явищем через конкуренцію з культурними рослинами за воду і поживні речовини. Завданням стратегії захисту посівів є контролювання бур'янів на межі економічного порогу шкодочинності. В сучасних умовах особливої ваги набуває використання інтегрованих технологій захисту посівів, які передбачають поєднання і взаємопогодження сівозміни, агротехніки й хімічних засобів захисту. У статті обговорюються питання, пов'язані з необхідністю комплексного застосування кількох діючих речовин гербіцидів, які доповнюють одна одну за спектром дії, для підвищення ефективності контролювання бур'янів і запобігання виникненню резистентності до гербіцидів. Установлені в процесі досліджень основні закономірності зміни вибіркової фітотоксичності в комплексах гербіцидів з різними механізмами дії стали основою для розробки ряду ефективних гербіцидних комплексів та сумішей для захисту посівів різних сільськогосподарських культур. Згідно до сучасної стратегії, застосування інтегрованих систем захисту має забезпечити підтримання або зменшення потенційного засмічення протягом ротації культур у сівозміні. При цьому видовий склад бур'янів в агрофітоценозах не повинен зазнавати різких змін, окрім суттєвого зниження потенційного засмічення особливо шкодочинними видами бур'янів.

**Ключові слова:** гербіциди, біорізноманіття, бур'яни, стратегія захисту

Мордерер Е.Ю., Гуральчук Ж.З., Моргун В.В. **Проблема контролирования сеgetальной растительности в агрофитоценозах в контексте сохранения биоразнообразия.** Укр. бот. журн., 2018, 75(6): 552–563.

Институт физиологии растений и генетики НАН  
Украины  
ул. Васильковская, 31/17, Киев 03022, Украина

Сорняки в течение длительного периода времени сосуществуют с культурными растениями в агрофитоценозах и являются индикаторами биоразнообразия. С фитотенотической точки зрения существование сорняков является вполне закономерным, однако из хозяйственных соображений они являются сугубо негативным явлением из-за конкуренции с культурными растениями за воду и питательные вещества. Задачей стратегии защиты посевов является контроль сорняков на грани экономического порога вредоносности. В современных условиях особое значение приобретает использование интегрированных технологий защиты посевов, которые предусматривают сочетание и взаимосогласование севооборота, агротехники и химических средств защиты. В статье обсуждаются вопросы, связанные с необходимостью комплексного применения нескольких действующих веществ гербицидов, которые дополняют друг друга по спектру действия, для повышения эффективности контроля сорняков и предотвращения возникновения устойчивости к гербицидам. Установленные в процессе исследований основные закономерности изменения избирательной фитотоксичности в комплексах гербицидов с различными механизмами действия стали основой для разработки ряда эффективных гербицидных комплексов и смесей для защиты посевов различных сельскохозяйственных культур. Согласно современной стратегии, применение интегрированных систем защиты должно обеспечить поддержание или уменьшение потенциальной засоренности культур в севообороте. При этом видовой состав сорняков в агрофитоценозах не должен подвергаться резким изменениям, кроме существенного снижения потенциальной засоренности особо вредоносными видами сорняков.

**Ключевые слова:** гербициды, биоразнообразие, сорняки, стратегия защиты