

ЗАСТОСУВАННЯ 1,8-НАФТАЛЕВОГО

ангідриду в контролюванні резистентної до АЛС-гербіцидів посіви звичайної грамініцидами

Мета. Дослідити можливість використання індуктора метаболізму 1,8-нафталевого ангідриду для контролювання АЛС-резистентного біотипу посіви звичайної грамініцидами класу арилоксифеноксипропіонової кислоти на рисі. **Методика.** У лабораторних асептичних умовах вивчали взаємодію 1,8-нафталевого ангідриду та феноксапроп-П-етилу на рослинах рису сорту Віконт. Результати обробляли статистично. **Результати.** В Україні ідентифіковано резистентний до дії гербіцидів інгібіторів АЛС біотип посіви звичайної, який є крос-резистентним до широко уживаних гербіцидів — інгібіторів ацетолактатсинтази наступних хімічних класів: імідазоліонів (імазамокс, імазапир), сульфонілсечовин (нікосульфурон), триазоліпримідинів (пеноксулам). При цьому суттєво обмежуються можливості хімічного контролю бур'янів у посівах рису, кукурудзи, соняшнику тощо. Нами не виявлено мульти-резистентності біотипу посіви звичайної до гербіцидів інгібіторів фотосинтезу, мітотичного циклу, 5-енолпірувілкімат-3-фосфат синтази, ацетил-КоА-карбоксілази, синтезу білка. Тому, застосування грамініцидів класу арилоксифеноксипропіонової кислоти є перспективним для контролювання даного АЛС-резистентного біотипу посіви звичайної. Для підвищення селективності застосування феноксапроп-П-етилу до рослин рису запропоновано перед сівбою обробляти насіння культури індуктором метаболізму ксенобіотиків у рослинах — 1,8-нафталевим ангідридом. При застосуванні 1,8-нафталевого ангідриду в концентрації 10^{-5} М ефективно знижується фітотоксичність феноксапроп-П-етилу у концентраціях 10^{-6} та 10^{-5} М до рослин рису. **Висновки.** Застосування 1,8-нафталевого ангідриду перспективне для підвищення селективності феноксапроп-П-етилу щодо рослин рису та дає можливість розробляти

¹В.В. ШВАРТАУ,
доктор біологічних наук, член-кореспондент НАН України, професор

²Л.М. МИХАЛЬСЬКА,
кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
^{1,2}Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна
e-mail: ¹VictorSchwartau@gmail.com, ²Mykhalskaya_L@ukr.net

технології з використанням грамініцидів класу арилоксифеноксипропіонової кислоти для контролювання АЛС-резистентних однодольних бур'янів у посівах культурних рослин. Також слід звернути увагу на проблему ефективної протидії поширенню АЛС-резистентного біотипу посіви звичайної в агрофітоценозах регіонів України.

бур'яни, гербіциди, інгібітори ацетолактатсинтази, резистентність, 1,8-нафталевий ангідрид

В Україні забур'яненість посіви сільськогосподарських культур дуже висока і це є однією з головних перешкод на шляху до високих врожаїв та рентабельного рослинництва. Зниження продуктивності посіви сільськогосподарських культур за присутності бур'янів може досягти від 20—50% можливого рівня урожайності (за суцільного способу сівби) до 40—80% й до повної втрати врожаю (широкорядні посіви) [1—5]. Щорічні втрати врожаю від бур'янів і зниження якості одержаної продукції польових сільськогосподарських культур перевищують 3 млрд гривень. Без контролю бур'янів неможливо реалізувати продуктивний потенціал гібридів та сортів культурних рослин, досягти ефективного застосування органічних і мінеральних добрив й найбільш

повного використання природних ресурсів та можливостей сучасних сільськогосподарських машин, а також отримати належні результати від капіталовкладень в аграрний сектор. Сучасні вимоги до рівня урожайності та технології вирощування потребують застосування сортів високоінтенсивного типу з відповідними потребами до рівнів застосування добрив. Встановлено, що бур'яни поглинають більше елементів живлення, ніж культурні рослини [4, 5]. У зв'язку з різким підвищенням вартості мінеральних добрив зростає актуальність їхнього цільового використання культурними рослинами.

Ефективним методом зниження сегетальної рослинності й покращення якості врожаю традиційно вважається використання гербіцидів. Однак, ефективність знижується за рахунок виникнення резистентних до гербіцидів біотипів. Переважна більшість гербіцидів в Україні для культурних рослин — зернових колосових, кукурудзи, соняшнику, зернобобових тощо, відноситься за механізмом дії до інгібіторів ацетолактатсинтази (АЛС). АЛС є ключовим ферментом у синтезі амінокислот із розгалуженим вуглецевим ланцюгом — ізолеїцину, лейцину та валіну. До класу інгібіторів АЛС входять численні гербіциди — похідні імідазоліонів, сульфоніламінокарбонілтриазоліонів, сульфонілсечовин, піримідинілтіобензоатів та триазолопіримідинів, проте точного механізму прояву фітотоксичної дії до цього часу не з'ясовано. Широке застосування гербіцидів з одним механізмом дії створює загрозу виникнення резистентних до гербіцидів видів бур'янів. Найбільшою проблемою хімічного методу захисту посіви від бур'янів у світі є поява та розповсюдження резистентних біотипів бур'янів, які викликані скороченням сівозмін і багаторічним застосуванням тотож-

них за механізмами дії препаратів. При виникненні та розповсюдженні резистентних біотипів витрати на контролювання бур'янів зростають, аж до втрати рентабельності рослинництва. Очевидним й економічно доцільним запобіжним заходом виникненню резистентних біотипів бур'янів є відновлення і розширення сівозмін з обов'язковою ротацією гербіцидів, які відрізняються за механізмами дії, введення до сівозмін з домінуванням злаків дводольних/бобових культур, а також комплексне застосування гербіцидів у посівах [6, 7].

Нині у світі відомо 512 унікальних випадків виникнення резистентних біотипів бур'янів, серед яких 262 види рослин (152 дводольних і 110 однодольних). Бур'яни сформували резистентність до 23-х з 26-ти відомих сайтів дії гербіцидів та до 167-ми різних гербіцидів. Резистентні до дії гербіцидів біотиби бур'янів зареєстровані на посівах 93-х культур у 70-ти країнах світу [8, 9].

Починаючи з 50-х років минулого століття, дослідження впливу гербіцидів на рослини виявляють нові сайти їхньої дії, але разом з тим зростає кількість бур'янів, що проявляють резистентність до дії пестициду, а також помітна тенденція підвищення кількості випадків крос- та мульти-резистентності. Вже у 1968 р. у США

встановлено резистентність до триазинів жовтозілля звичайного (*Senecio vulgaris* L.). Аналіз посівів культурних рослин показав найбільшу засміченість резистентними бур'янами пшениці та кукурудзи — до 120 і 100 зареєстрованих випадків відповідно, а найменше резистентних видів бур'янів виявилось у бавовнику — понад 20 [8, 9].

Показниками, від яких залежить виникнення резистентності, можна вважати кількість оброблених гербіцидами рослин представників певного виду бур'яну на полях, фізіологічні особливості кожного виду, оскільки у деяких бур'янів резистентність формується швидше за інших рослин (зокрема у рослин родин *Amaranthus*, *Lolium*, *Alopecurus*, *Echinochloa* і *Conyza*). Хімічна будова активних речовин гербіциду також впливає на кількість можливих шляхів виникнення резистентності та на чисельність видів, що можуть її розвинути. Ареал зростання бур'яну та терміни застосування гербіциду у боротьбі з ним також визначають можливість виникнення резистентності [8, 9].

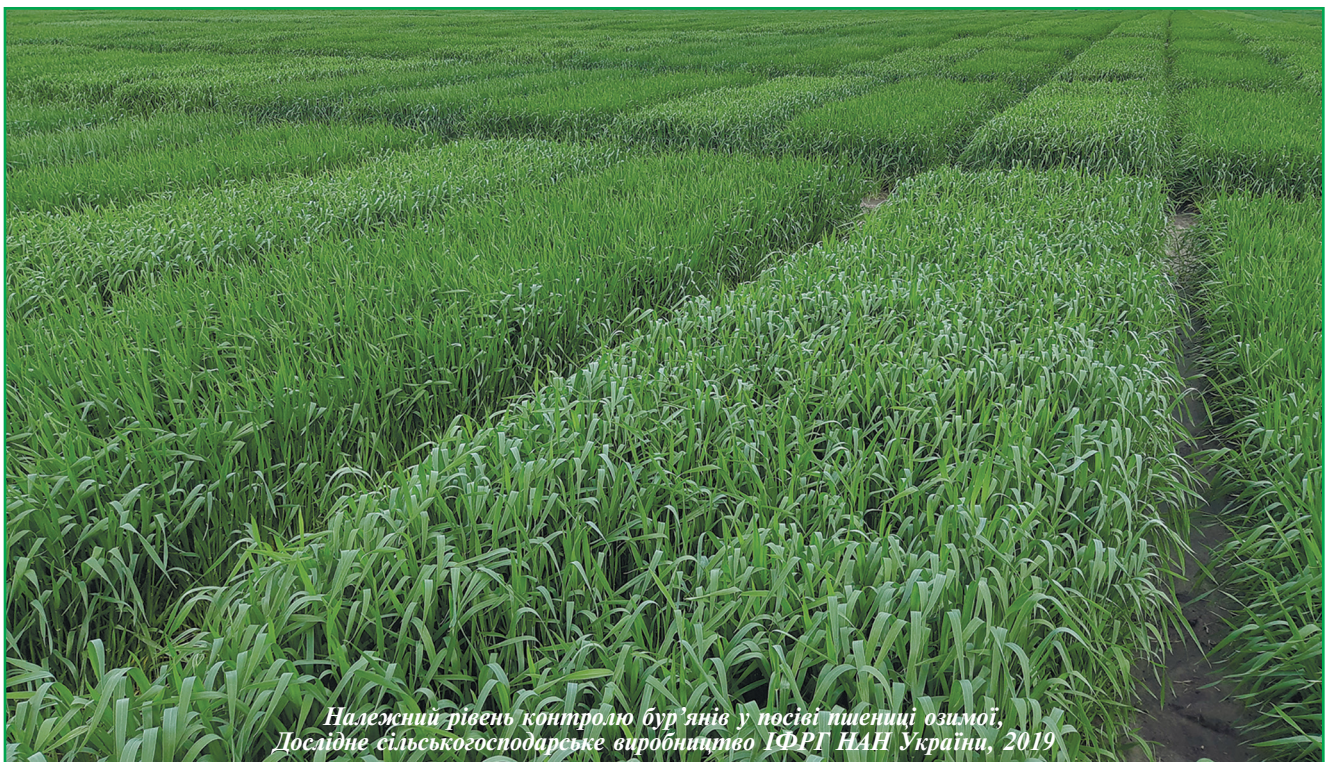
Цілком ймовірна поява біотипів бур'янів з резистентністю до дії гербіцидів кількох різних за механізмом дії класів. Таке явище ідентифіковано у пажитниці жорсткої (*Lolium rigidum* Gaud.) в Ав-

стралії та лисохвоста мишоховстикового (*Alopecurus myosuroides* Huds.) у Великій Британії [10]. Наразі виявлено біотиби бур'янів з проявами одночасної резистентності до одного і більше гербіцидів як мінімум з 16-ти різних хімічних класів, включаючи сполуки з миш'яком, арилоксифеноксипіонатом, бензонітрилом, біпіридиліумом, хлорацетамідом, циклогександіоном, динітроаніліном, дітіокарбаматом, імідазоліноном, сульфонілсечовиною, триазиною і урацилом [8, 9].

Серед резистентних до дії гербіцидів у світі найбільш поширені біотиби, що стійкі до інгібіторів АЛС [8, 9].

В Україні відомості щодо визначення присутності на посівах культурних рослин резистентних біотипів бур'янів до цього часу обмежені. Особливої небезпеки щодо виникнення резистентних біотипів бур'янів в останні роки зазнають посіви компаній з великими площами земель, понад 50 тис. га, та скороченими сівозміними, які включають соняшник, пшеницю, ріпак, кукурудзу і сою.

Плоскуха звичайна, або «кур'яче просо» (*Echinochloa crus-galli* subsp. *crus-galli*) — широко розповсюджений вид бур'яну на посівах культурних рослин в Україні та світі. Це теплолюбний однорічний однодольний бур'ян, який



Належний рівень контролю бур'янів у посіві пшениці озимої, Дослідне сільськогосподарське виробництво ІФРГ НАН України, 2019

проростає одним з перших серед усіх видів панікоїдних або просоподібних злаків. Добре росте на багатих ґрунтах, масово сходять за умов доброї підготовки ґрунту до сівби — після оранки чи культивування, внесення добрив. Слід зазначити, що група *Echinochloa crus-galli* agg. включає кілька близьких видів та внутрішньовидових рас (у тому числі й спеціалізованих бур'янів рису та інших культур), які практики сільського господарства здебільшого не розрізняють; проте, ці раси можуть мати різні рівні чутливості до гербіцидів.

Вперше резистентні до симазину біотиби плоскухи звичайної були ідентифіковані в США на посівах кукурудзи. Нині резистентні до гербіцидів біотиби плоскухи звичайної знайдені на посівах культурних рослин у 25-ти країнах світу. Виключно небезпечним є знаходження в останнє десятиріччя численних біотипів бур'яну із мульти-резистентністю до гербіцидів з різним механізмом дії, зокрема до гербіцидів АЛС та грамініцидів — інгібіторів ацетил-КоА карбоксилази (АКК). У 2008 р. у Південній Кореї на посівах рису після багаторічного застосування пеноксуламу ідентифіковано біотиби, що мульти-резистентні до азимсульфурону, бенсульфурон-метилу, біспірибак-натрію, цигалофоп-бутилу, феноксапроп-П-етилу, флуцетосульфурону, галосульфурон-метилу, імазосульфурону, метаміфопу, піразосульфурон-етилу, пірибензоксиму, піриминобак-метилу. У 2009 р. в Італії — до азимсульфурону, біспірибак-натрію,

цигалофоп-бутилу, імазамоксу, пеноксуламу, профоксидиму; у Туреччині — до біспірибак-натрію, цигалофоп-бутилу та пеноксуламу [8, 9]. Слід зазначити, що на посівах рису досить часто трапляються представники інших видів або біотипів роду *Echinochloa*, які є спеціалізованими бур'янами рису. Резистентні до гербіцидів види *Echinochloa*, *E. crus-galli*, *E. crus-pavonis*, *E. hispidula*, *E. phyllospogon*, *E. oryzicola* та *E. oryzoides*, винайдено на посівах рису.

Кілька таких таксонів виявлено і в Україні, проте дані про їхнє поширення в агрофітоценозах поки що обмежені. Необхідні спеціальні дослідження для уточнення розповсюдження чужорідних (переважно східно-азіатського та північноамериканського походження) видів та рас *Echinochloa* в Україні, оскільки різні біотиби та форми можуть відрізнятися за рівнями чутливості, або нести сформовану резистентність чи крос-резистентність до гербіцидів.

До найбільш складних питань гербології відноситься контролювання злакових видів бур'янів у посівах злакових культур, зокрема — у пшениці, рису та кукурудзи. Якщо 15—20 років тому застосування інгібіторів АЛС обмежувалося лише посівами зернових колосових культур, то у сучасному рослинництві гербіциди з даним механізмом дії застосовують на однодольних та дводольних культурах, фактично, щорічно та й на переважній більшості площ посівів. В Україні домінуючими серед зареєстрованих препаративних форм гербіцидів є інгібітори АЛС, що створює небезпеку виникнення резистентних біотипів бур'янів у рослинництві. За результатами багаторічних досліджень з ідентифікації випадків резистентності бур'янів

у 2017 р. вперше в Україні було ідентифіковано та подано до міжнародної бази даних резистентних біотипів бур'янів інформацію про винайдення на півдні України резистентних біотипів плоскухи звичайної. За співпраці з The Herbicide Resistance Action Committee та The Weed Science Society of America вперше від України інформація щодо ідентифікування резистентних біотипів бур'янів у рослинництві держави занесена до міжнародної бази даних «The International Survey of Herbicide Resistance Weeds, USA» — автори Л. Михальська та В. Швартау, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України (<http://www.weedscience.org/Ukraine>).

Таким чином, на полях України ідентифіковано резистентні до АЛС-гербіцидів біотиби плоскухи звичайної, які не мають на сьогодні мульти-резистентності до інгібіторів мітотичного циклу (пендиметалін), інгібіторів синтезу білка (метазахлор), інгібіторів 5-енолпірувиллицикат-фосфат-3-синтази (гліфосат) та грамініцидів класу інгібіторів ацетил-КоА-карбоксилази (піноксаден). *Echinochloa crus-galli* досить важко контролювати у посівах рису. Можливим рішенням може бути використання грамініцидів класу арилоксифеноксипропіонової кислоти, проте їхня селективність недостатня для позакореневого застосування на посівах рису, засміченого плоскухою звичайною.

Відомо, що антидоти можуть захищати культурні рослини від фітотоксичної дії гербіцидів [11]. Першим сучасним комерційним антидотом є 1,8-нафталевий ангідрид [12]. 1,8-нафталевий ангідрид (Протект) — м.ф. $C_{12}H_6O_3$, м.м. 198,2. IUPAC: нафтален-1,8-дикарбоксилангідрид. CAS:



Насіння АЛС-резистентної плоскухи звичайної, Херсонська область, 2017

Фітотоксичність феноксапроп-П-етилу до рису за впливу 1,8-нафталевого ангідриду

| Варіанти | | Маса сирової речовини, г | Фітотоксичність, % |
|---------------------|------------------|--------------------------|--------------------|
| Фуроре, М | 1,8-НА, М | | |
| — | — | 5,21 ± 0,14 | 0 |
| 10 ⁻⁵ | — | 3,77 ± 0,14 | 27,4 |
| 10 ⁻⁶ | — | 4,08 ± 0,09 | 21,7 |
| 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁵ | 5,03 ± 0,11 | 3,5 |
| 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁵ | 5,25 ± 0,08 | -0,8 |
| — | 10 ⁻⁵ | 5,11 ± 0,12 | 1,9 |
| НІР _{0,05} | | 0,19 | — |

1Н, 3Н-нафто[1,8-сd]піран-1,3-діон. Застосовувався для захисту кукурудзи від дії ептаму, вернаму та інших тіокарбаматів. Виявлено його антидотну дію до гербіцидів інших класів (сульфонілсечовин тощо) [13]. Також відомо про використання цього антидоту на сої з метрибузином та на бавовні з кломазоном [14].

За механізмом дії 1,8-нафталевий ангідрид підвищує активність глутатіон-S-трансфераз (GST) та цитохром Р-450 монооксигеназ у рослинах [15–17]. GST і цитохром Р-450 ферментні системи інактивують гербіциди та їх метаболіти, підвищують рівні їхньої подальшої кон'югації [18]. 1,8-нафталевий ангідрид застосовують для обробки насіння у дозах близько 5 г/кг до сівби. Не впливає на проростання кукурудзи протягом 2 років після обробки насіння [2, 3].

Мета. Завданням роботи було дослідити можливість використання індуктора метаболізму 1,8-нафталевого ангідриду для контролювання АЛС-резистентного біотипу плоскухи звичайної грамінідами класу арилоксифеноксипропіонової кислоти на рисі.

Методика. Дослідження проводили у лабораторних умовах Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. Використовували насіння рису сорту Віконт.

Аліквоти розчинів гербіциду в дослідах — Фуроре Супер EW (феноксапроп-П-етил, 69 г/л), вводили в охолоджений до 30°C розчин агару. Обробки 1,8-нафталевим ангідридом проводили шляхом обробки насіння рису сорту станольно-водними розчинами. Концентрації препаратів у дослідах наближені до концентрацій діючих речовин гербіциду та 1,8-нафталевого ангідриду за виробничого застосування. Насіння рису розклали на поверхні застиглого 0,9% агару та пророщували протягом 3 тижнів при температурі +17–20°C в асептичних умовах. Повторність 6-кратна. Дослід повторяли тричі. Результати дослідів обробляли статистично в Excel 2019.

Результати досліджень. Грамініциди класу арилоксифеноксипропіонової кислоти широко використовують для контролю однодольних видів бур'янів у посівах дводольних культур. Феноксапроп-П-етил ефективно контролює плоскуху звичайну у посівах пшениці озимої [2, 3]. Разом з тим, недостатні рівні селективності не дозволяють використовувати Фуроре Супер EW на посівах рису. За його застосування у численних виробничих дослідах спостерігали прояви фітотоксичності на рослинах культури та зниження продуктивності. Це частково

підтверджується й у роботі [19]. Як перспективні на посівах рису автори досліджували композиції феноксапропу з бентазоном чи пропанілом з молінатом.

Щодо інгібіторів синтезу ліпідів відома невелика кількість даних з направленої регуляції їхньої активності за допомогою інгібіторів метаболізму. Нечисленні результати з модифікації активності похідних арилоксифеноксипропіонової кислоти наведено в огляді [20] та у монографіях [2, 3]. Щодо зниження фітотоксичності феноксапроп-П-етилу нами показано (табл.), що за дії 10^{-5} та 10^{-6} М спостерігалось концентраційно залежне зниження маси сирій речовини проростків рису. Рівні фітотоксичності за зростання концентрації грамініциду підвищувалися від 21 до 27%. Обробка насіння рису перед сівбою 1,8-нафталевим ангідридом не призводила до достовірного зниження маси сирій речовини проростків.

У концентрації 10^{-5} М 1,8-нафталевий ангідрид був ефективним щодо зниження фітотоксичності грамініциду до рослин рису. Наведені дані вказують на можливість використання фізіологічно активних речовин з властивостями індукторів метаболізму гербіцидів для підвищення селективності хімічного контролю бур'янів. Це по-



Масштабне ураження поля АЛС-резистентною плоскухою звичайною, Херсонська область, 2017

ложення висвітлюється у науковій літературі [2, 3, 21]. Використання індукторів метаболізму є, також, перспективним для підвищення селективності грамініцидів класу арилоксифеноксипропіонової кислоти на посівах не тільки пшениці, а й слабо- чи середньостійких до дії фенаксопроп-П-етилу культурах — насамперед рису. Зазначимо, що контролювання резистентної до АЛС-гербіцидів плоскухи звичайної у посівах рису залишається складною проблемою. Щорічно виробничники несуть великі втрати від ураження посівів культури резистентними біотипами плоскухи звичайної. Розповсюдження даного біотипу бур'яну в агроценозах регіону суттєво знижує ефективність контролювання бур'янів у посівах кукурудзи за крос-резистентності плоскухи звичайної до нікосульфурону, соняшнику — до імідазолінонів (імазамокс, імазапір), а також унеможливує застосування у виробництві пеноксуламу на рисі.

ВИСНОВКИ

В Україні ідентифіковано резистентні до дії гербіцидів — інгібіторів АЛС — біотиби бур'янів плоскухи звичайної. Встановлено, що АЛС-резистентний біотип плоскухи звичайної крос-резистентний до широко уживаних гербіцидів — інгібіторів АЛС

наступних хімічних класів: імідазолінонів (імазамокс, імазапір), сульфонілсечовин (нікосульфурон), триазолпіримідинів (пеноксулам). При цьому суттєво обмежуються можливості хімічного контролю бур'янів у посівах рису, кукурудзи, соняшнику тощо.

У наших дослідженнях не було виявлено мульти-резистентності біотипу плоскухи звичайної до гербіцидів — інгібіторів фотосинтезу, мітотичного циклу, 5-енолпірувілшикімат-3-фосфат синтази, ацетил-КоА-карбоксилази, синтезу білка. Тому, застосування грамініцидів класу арилоксифеноксипропіонової кислоти є перспективним для контролювання даного АЛС-резистентного біотипу плоскухи звичайної. Для підвищення селективності застосування феноксапроп-П-етилу до рослин рису запропоновано перед сівбою обробляти насіння культури індуктором метаболізму ксенобіотиків у рослинах — 1,8-нафталевам ангідридом. Встановлено, що при застосуванні 1,8-нафталевого ангідриду у концентрації 10^{-5} М ефективно знижується фітотоксичність феноксапроп-П-етилу у концентраціях 10^{-6} та 10^{-5} М до рослин рису.

Таким чином, застосування 1,8-нафталевого ангідриду перспективне для підвищення селективності феноксапроп-П-етилу щодо рослин рису та застосу-

вання грамініцидів класу арилоксифеноксипропіонової кислоти для контролювання АЛС-резистентного біотипу плоскухи звичайної у посівах культурних рослин. Також, слід звернути увагу на проблему поширення АЛС-резистентного біотипу бур'яну на теренах України.

Необхідно зазначити, що гербіциди дають можливість ефективно контролювати бур'яни і підвищують економічну віддачу від рослинництва, але за їх застосування слід дотримуватися запобіжних заходів, що дають змогу знизити ризик поширення стійких до них біотипів бур'янів. Стратегічним напрямом підвищення продуктивності рослинництва, забезпечення сталого розвитку, у тому числі й уникнення формування резистентних біотипів бур'янів та їх ефективного контролю, є впровадження принципів «Належної сільськогосподарської практики» (Good Agricultural Practices are «practices that address environmental, economic and social sustainability for on-farm processes, and result in safe and quality food and non-food agricultural products») [22].

ЛІТЕРАТУРА

1. Іващенко О.О. Бур'яни в агрофітоценозах. Київ: Світ, 2001. 234 с.
2. Швартау В.В., Михальська Л.М. Гербіциди. Фізіологічні основи регуляції фітотоксичності. Київ: Логос, 2013. 392 с.



Рослини АЛС-резистентної плоскухи звичайної домінують у посіві рису, Херсонська область, 2017

3. Швартау В.В., Михальська Л.М. Гербициди. Фізико-хімічні та біологічні властивості. Київ: Логос, 2013. 906 с.

4. Михальська Л.М., Швартау В.В. Вплив гербицидів Дербі та Аксіал на накопичення елементів живлення рослинами озимої пшениці. *Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія «Біологія. Екологія»*. 2012. Вип. 20, т. 2. С. 38—45.

5. Іващенко О.О., Михальська Л.М., Швартау В.В. Накопичення елементів живлення рослинами бур'янів та озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 10. С. 20—23.

6. Швартау В.В. Детектування резистентних до дії гербицидів — інгібіторів ацетолактатсинтази бур'янів. *Вісник аграрної науки*. 2015. №12. С. 52—54.

7. Швартау В.В., Михальська Л.М., Журенко О.В. Визначення резистентних до дії гербицидів бур'янів в Україні. *Карантин і захист рослин*. 2016. №2—3. С. 30—31.

8. Heap I.M. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. Friday, February 28, 2020. www.weedscience.com.

9. Beckie H.J., Heap I.M., Smedra R.J., Hall L.M. Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technology*. 2000. Vol. 14. P. 428—445.

10. Beffa R., Figge A., Lorentz L., Hess M., Laber B., Ruiz-Santaella J.P., Strek H. Weed resistance diagnostic technologies to detect herbicide resistance in cereal growing areas. A review. *25th German Conference on Weed Biology and Weed Control*. March 13—15, 2012, Braunschweig, Germany. P. 75—80.

11. Hatzios K.K., Burgos N. Metabolism-based herbicide resistance: Regulation by safeners. *Weed science*. Vol. 52, No. 3. May-Jun., 2004. P. 454—467.

12. Blair A.M., Parker C., Kasasian L. Herbicide Protectants and antidotes. A review. Published online: 06 Jul 2009. P. 65—74. doi.org/10.1080/09670877609411458.

13. Hatzios K.K. Herbicide safeners: Effective inducers of plant defense gene-enzyme systems. *Phytoparasitica*. 2003. 31, 3. doi.org/10.1007/BF02979761.

14. Krenchinski F.H., Batista de Castro E., Cesco V.J.S., Belapart D., Rodrigues D.M., Carbonari C.A., Velini E.D. Naphthalic anhydride increases tolerance of common bean to herbicides. *Journal of Plant Protection Research*. 2019. 59(3):383—391. doi.org/10.24425/jppr.2019.129754.

15. Cataneo A.C., Chamma K.L., Ferreira L.C., Déstro G.F.G., Carvalho J.C., Novelli E.L.B. Glutathione S-transferase activity in acetochlor, atrazine and oxyfluorfen metabolization in maize (*Zea mays* L.), sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) (Poaceae). *Acta Scientiarum: Biological and Health Sciences*. 2002. 24 (2): 619—623. doi.org/10.4025/actasciobiols.v24i02.2366.

16. Hirase K., Molin W.T. Effect of fluroxypyr and other safeners for chloroacetanilide herbicides on cysteine synthase in sorghum shoots. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2001. 71(2): 116—123. doi.org/10.1006/pest.2001.2567

17. Abu-Qare A.W., Duncan H.J. Herbicide safener: uses, limitations, metabolism, and mechanisms of action. *Chemosphere*. 2002. 48 (4): 965—974. doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00185-6.

18. Duhoux A., Pernin F., Desserre D., Délye C. Herbicide safeners decrease sensitivity to herbicides inhibiting acetolactate-synthase and likely activate non-target-site-based resistance pathways in the major grass weed *Lolium* sp.

(*Rye-Grass*). *Front. Plant Sci*. 2017. 8:1310. doi.org/10.3389/fpls.2017.01310.

19. Zhang W., Webster E., Blouin D., Leon C. Fenoxaprop interactions for barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice. *Weed Technology*. 2005. 19(2):293—297. doi.org/10.1614/WT-03-250R1

20. Owen W.J. Potential for Synergising Herbicides through Modification of Metabolism. In: Denholm I., Devonshire A.L., Hollomon D.W. (eds). *Resistance '91: Achievements and Developments in Combating Pesticide Resistance*. Springer, Dordrecht. 1992. doi.org/10.1007/978-94-011-2862-9_28.

21. Cataneo A.C., Ferreira L.C., Mishcan M.M., Velini E.D., Corniani N., Cerdeira A.L. Mefenpyr-diethyl action on fenoxaprop-p-ethyl detoxification in wheat varieties. *Planta Daninha*. 2013. 31 (2): 387—393. doi.org/10.1590/S0100-83582013000200016.

22. FAO. COAG, 2003. GAP paper. http://www.fao.org/prods/gap/resources/keydocuments_en.htm.

Швартау В.В., Михальська Л.М.

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская, 31/17, г. Киев, 03022, Украина, e-mail: VictorSchwartau@gmail.com

Применение 1,8-нафталевого ангидрида для контроля резистентного к АЛС-гербицидам ежовника обыкновенного граминидами

Цель. Исследовать возможность использования индуктора метаболизма 1,8-нафталевого ангидрида на контроль резистентного к ингибиторам ацетолактатсинтазы (АЛС) биотипа ежовника обыкновенного граминидами класса арилоксифеноксипропионой кислоты на рисе. **Методика.** В лабораторных асептических условиях изучали взаимодействие 1,8-нафталевого ангидрида и феноксапроп-П-этила на растениях риса сорта Виконт. Данные обрабатывали статистически. **Результаты.** В Украине идентифицирован резистентный к действию гербицидов — ингибиторов АЛС — биотип ежовника обыкновенного, который является кросс-резистентным к широко применяемым гербицидам ингибиторам АЛС следующих химических классов: имидазолинонов (имазамокс, имазапир), сульфонилмочевин (никосульфурон), триазолпиримидинов (пеноксулам). При этом существенно ограничиваются возможности химического контроля сорняков в посевах риса, кукурузы, подсолнечника и др. Нами не обнаружена мульти-резистентность данного биотипа сорняка к гербицидам ингибиторам фотосинтеза, митотического цикла, 5-енолпирувилшикимат-3-фосфат синтазы, ацетил-КоА-карбоксилазы, синтеза белка. Поэтому, применение граминицидов класса арилоксифеноксипропионой кислоты является перспективным для контроля данного АЛС-резистентного биотипа ежовника обыкновенного. Для повышения селективности применения феноксапроп-П-этила к растениям риса нами предложено перед посевом обрабатывать семена культуры индуктором метаболизма ксенобиотиков в растениях — 1,8-нафталиевым ангидридом. При применении 1,8-нафталевого ангидрида в концентрации 10^5 М эффективно снижается фитотоксичность

феноксапроп-П-этила в концентрациях 10^6 и 10^5 М к растениям риса. **Выводы.** Применение 1,8-нафталевого ангидрида перспективно для повышения селективности феноксапроп-П-этила для растений риса и позволяет разрабатывать технологии с использованием граминицидов класса арилоксифеноксипропионой кислоты для контроля АЛС-резистентного биотипа ежовника обыкновенного в посевах культурных растений. Также, необходимо обратить внимание на проблему эффективного предотвращения распространения АЛС-резистентного биотипа сорняка в агрофитоценозах регионов Украины.

сорняки, гербициды, ингибиторы ацетолактатсинтазы, резистентность, 1,8-нафталиевый ангидрид

Schwartau V., Mykhalska L.

Institute of Plant Physiology and Genetic of NAS of Ukraine, 31/17, Vasilkivska str., Kiev, Ukraine, 03022, e-mail: VictorSchwartau@gmail.com

The application of 1.8-naphthalic anhydride to control ALS-herbicide resistant barnyardgrass with graminicides

Goal. Investigate the possibility to use 1,8-naphthalic anhydride metabolism inductor to control acetolactate synthase (ALS) inhibitor-resistant biotype of common graminicides of aryloxyphenoxypropionic acid class in rice. **Methodology.** The interaction of 1,8-naphthalic anhydride and fenoxaprop-p-ethyl on variety Vikont rice plants was studied under laboratory aseptic conditions. The data were statistically processed. **Results.** In Ukraine we have identified the biotype of resistant to herbicide ALS inhibitors *Echinochloa crus-galli*, which is cross-resistant to widely used herbicides — ALS inhibitors of the following chemical classes: imidazolones (imazamox, imazapyr), sulfonyleurea (nicosulfuron), triazolopyrimidines (penoxsulam). The possibilities of chemical control of weeds in rice, corn, sunflower, etc. crops are significantly limited. Multi-resistance of this weed biotype to herbicides — inhibitors of photosynthesis, mitotic cycle, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase, acetyl-CoA-carboxylase, protein synthesis — has not been detected. Therefore, the use of graminicides of aryloxyphenoxypropionate class is promising for the control of this ALS-resistant biotype of *Echinochloa crus-galli*. To increase the selectivity of fenoxaprop-P-ethyl application to rice plants, we propose to treat the seeds of the crop with the inductor of xenobiotics metabolism in plants — 1.8-naphthalic anhydride before sowing. When using 1.8-naphthalic anhydride in concentrations of 10^5 M, phytotoxicity of fenoxaprop-P-ethyl in concentrations of 10^6 and 10^5 M to rice plants is effectively reduced. **Conclusions.** The use of 1.8-naphthalic anhydride is promising for increasing the selectivity of fenoxaprop-P-ethyl for rice plants and allows the development of technologies using graminicides of aryloxyphenoxypropionate class to control ALS-resistant biotype of *Echinochloa crus-galli* in crops. Also, it is necessary to pay attention to the problem of ALS-resistant weed biotype proliferation control in agrophytocenoses in regions of Ukraine.

weeds, herbicides, acetolactate synthase inhibitors, resistance, 1.8-naphthalic anhydride

Надійшла 27.02.2020