

<https://doi.org/10.15407/frg2022.06.537>

УДК 632.954: 633.854.78

ЕФЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ АКЛОНІФЕНУ ТА ПРОМЕТРИНУ НА ПОСІВАХ СОНЯШНИКА

В.В. ЮХИМУК

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: yuhymuk.v@ukr.net*

Соняшник є стратегічною для України культурою, площа посівів якої у 2022 р. становила 4 573,8 тис. га. На перших етапах свого розвитку посіви соняшника сильно пригнічуються бур'янами. І головну загрозу становлять дводольні види бур'янів, для контролювання яких рекомендовано гербіциди кількох класів. Ці гербіциди потрібно вносити у ґрунт до появи сходів соняшника і бур'янів, однак їх ефективність залежить від вологості ґрунту та стрімко зменшується за умов посухи. Асортимент ефективних проти дводольних бур'янів гербіцидів, які можна використовувати на початкових фазах розвитку соняшника, вкрай обмежений. Зокрема, рекомендовано гербіцид аклоніфен. Селективність його недостатня через високу ймовірність тимчасового пригнічення культури. Тому актуальним є пошук препарату для сумісного застосування з аклоніфеном, для підвищення селективності аклоніфену внаслідок ефекту взаємодії. Значних змін вибіркової фітотоксичності аклоніфену, який за механізмом дії належить до інгібіторів синтезу каротиноїдів (ІСК), можна очікувати за сумісного застосування з гербіцидами інгібіторами транспорту електронів (ІТЕ) у фотосистемі II (ФС II) хлоропластів. Однак гербіциди із цього класу, зокрема прометрин, рекомендовані для використання в посівах соняшника лише до появи сходів. Водночас не виключено, що зменшення норми внесення прометрину до субгербіцидної уможливить його застосування у складі сумішей в посівах соняшника. Метою дослідження було визначити ефекти взаємодії, ефективність контролювання бур'янів і селективність щодо культури за використання в посівах соняшника сумішей аклоніфену з прометрином. Показано, що в діапазоні рекомендованих для застосування в посівах соняшника норм внесення аклоніфену 0,6–1,2 кг/га та за зменшення до субгербіцидної норми внесення прометрину 0,5–0,05 кг/га взаємодія щодо дводольних видів є синергічною або адитивною, що забезпечує високу ефективність контролювання сумішшю широкого спектра видів бур'янів. Разом з тим внаслідок синергізму навіть за мінімальної норми внесення аклоніфену 0,6 кг/га та субгербіцидної норми прометрину 0,05 кг/га, за якої прометрин самостійно практично не впливав на бур'яни та соняшник, спостерігалось стрімке зростання фітотоксичного впливу на культуру. У зв'язку з цим застосування в посівах соняшника суміші аклоніфену з прометрином не доцільне. Отримані результати засвідчують високу вірогідність синергічної взаємодії за сумісного використання гербіцидів

ІСК та ІТЕ, що може бути використано при розробленні композицій гербіцидів для захисту інших сільськогосподарських культур.

Ключові слова: *Helianthus annuus* L., взаємодія гербіцидів, синергізм, аклоніфен, прометрин.

Соняшник в Україні є важливою стратегічною олійною культурою, площі під посівами якої постійно зростають. Однією з основних проблем у вирощуванні соняшника є захист посівів від бур'янів, зокрема контролювання дводольних видів бур'янів, оскільки для захисту від злакових видів можна застосовувати селективні щодо соняшника гербіциди з класу інгібіторів ацетил-КоА-карбоксилази (АКК). Частково ця проблема вирішується вирощуванням гібридів соняшника, стійких до гербіцидів інгібіторів ацетолаттатсинтази [1]. У посівах сортів і гібридів соняшника, отриманих методом традиційної селекції, бур'яни контролюють здебільшого внесенням гербіцидів у ґрунт до появи сходів культури [2]. Однак ефективність ґрунтових гербіцидів може залежати від вологості ґрунту [3]. Через глобальні зміни клімату в період застосування ґрунтових гербіцидів імовірність посухи істотно зросла, тому можливе зниження ефективності дії гербіцидів [4]. У зв'язку з цим на особливу увагу заслуговують гербіциди, ефективні проти дводольних видів бур'янів, які можуть застосовуватися в посівах соняшника. Зокрема, це гербіцид аклоніфен (препарат члендж), який можна застосовувати у посівах соняшника як до появи сходів, так і на початкових фазах розвитку культури і бур'янів [5]. Однак можливості використання аклоніфену як страхового гербіциду досить обмежені. По-перше, селективність аклоніфену щодо соняшника в разі застосування протягом вегетації лімітована, внаслідок чого можливе ураження культури. По-друге, для забезпечення ефективного захисту аклоніфен потрібно використовувати на ранніх фазах розвитку бур'янів. Рекомендованим терміном внесення аклоніфену в посівах соняшника є фаза двох—чотирьох листків у культури [5]. Для безпечнішого та ширшого впровадження аклоніфену як страхового гербіциду необхідно підвищити його селективність щодо соняшника. Для корекції вибіркової фітотоксичності можна використовувати ефекти взаємодії при комплексуванні гербіцидів [5]. У випадку синергічної взаємодії можливе зміщення терміну внесення на пізніші фази розвитку, що сприятиме підвищенню стійкості культури до гербіцидів. Крім того, синергічна взаємодія уможливує високу ефективність дії суміші гербіцидів за зменшених норм внесення компонентів, що також може підвищити селективність суміші щодо культури. Селективність зростає також за антагоністичної взаємодії, яка знизить дію аклоніфену на культуру. Тому проблемою є вибір препарату для комплексного застосування, який би підвищував селективність аклоніфену щодо соняшника.

Аклоніфен є інгібітором ферменту соланезилдифосфатсинтази (ЕС 2.5.1.84), блокування активності якого інгібує біосинтез каротиноїдів [6]. Відомо, що гербіциди інгібітори синтезу каротиноїдів (ІСК), сайтом дії яких є фермент 4-гідроксифенілпіруватдіоксигеназа (ГФПД), синергічно взаємодіють з інгібіторами транспорту елек-

тронів (ІТЕ) [7—11]. З одного боку, аклоніфен також належить до ІСК, але шляхом, відмінним від інгібування ГФПД, тому невідомо чи буде його взаємодія з ІТЕ синергічною. З іншого — аклоніфен за структурою є дифеніловим ефіром, а речовини цієї групи, які є інгібіторами протопорфіриногеноксидази (ПРОТО), антагоністично взаємодіють із ІТЕ [12]. Через це не виключена можливість антагоністичної взаємодії у сумішах аклоніфену з ІТЕ.

Гербіциди з класу ІТЕ, зокрема прометрин, селективні щодо соняшника лише при застосуванні у ґрунт до появи сходів. Однак можна досягти селективності прометрину щодо соняшника за внесення по сходах внаслідок зменшення норми до субгербіцидної. Таким чином, метою дослідження було визначення ефектів взаємодії при застосуванні сумішей гербіциду ІСК аклоніфену з ІТЕ прометрином в широкому діапазоні норм внесення прометрину.

Методика

В умовах польових дослідів визначали ефект взаємодії у сумішах аклоніфену з прометрином у посівах гібрида соняшника компанії «Syngenta Неома», який широко застосовується для виробничої системи «Clearfield», на полях дослідного господарства Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (сmt Глеваха Фастівського р-ну Київської обл. (50°16'N, 30°18'E)). У досліді використовували такі гербіцидні препарати: челендж 600 SC, КС (аклоніфен, 600 г/л) компанії «Байер», гезагард 500 FW, КС (прометрин, 500 г/л) компанії «Сингента».

Посіви соняшника обробляли у фазу чотирьох листків (ВВСН 14). Обприскували гербіцидами за допомогою ранцевого штангового обприскувача зі стисненим повітрям (4 атм.), довжина штанги — 3 м, кількість форсунок — 6, відстань до цільового об'єкта — 50 см, швидкість руху — 5 км/год, витрати робочої рідини — 300 л/га. Площа дослідної ділянки становила 15 м² (3 × 5), повторність — чотириразова, ділянки розміщували рендомізовано. Кожна повторність мала контрольний варіант (без внесення гербіцидів).

Бур'яни обліковували перед внесенням гербіцидів та через 7 діб після нього. Ефективність дії гербіцидів оцінювали для кожного виду бур'янів окремо за зменшенням кількості на оброблених ділянках порівняно з контролем [13]. При оцінюванні ефективності дії гербіцидів окрім кількості бур'янів враховували також ступінь видимих пошкоджень (пригнічення росту, морфологічні дефекти, хлороз та некроз листків), які оцінювали візуально й виражали у відсотках: 0 % — відсутність ознак дії гербіцидів, 100 % — повна загибель бур'янів даного виду. Ефективність контролювання бур'янів обчислювали за формулою (1):

$$E (\%) = 100 - B_2 \cdot K_1 (1 - E_v / 100) \cdot 100 / (B_1 \cdot K_2) \quad (1),$$

де E (%) — ефективність контролювання певного виду бур'янів з урахованням рівня забур'янення та візуальної оцінки дії гербіцидів, K₁ — кількість бур'янів на 1 м² на контролі до обробки, K₂ — кількість бур'янів на 1 м² на контролі в під час обліку після обробки, B₁ —

кількість бур'янів на 1 м² під час обліку до обробки на ділянці, що буде оброблятися гербіцидами, V_2 — кількість бур'янів на 1 м² ділянки після обробки гербіцидами, \bar{E}_B — візуальна оцінка дії гербіциду (рівень пошкоджень чи ступінь пригнічення рослин, виражені у % візуально порівняно з рослинами того самого виду у контролі).

Ефект взаємодії гербіцидів у суміші визначали за методом Colby, порівнянням фактичної та очікуваної дії суміші гербіцидів [14]. Очікувану дію суміші гербіцидів розраховували за значеннями ефективності контролювання бур'янів при застосуванні компонентів суміші окремо за формулою (2):

$$E_{12} = E_1 + E_2(100 - E_1)/100 \quad (2),$$

де E_{12} очікувана дія суміші гербіцидів, E_1 та E_2 — значення ефективності контролювання бур'янів, відповідно 1 та 2 компонентами суміші гербіцидів.

Вплив гербіцидів на соняшник оцінювали через 7 діб після обробки посіву гербіцидами. Фітотоксичний вплив гербіцидів на культуру оцінювали підрахунком відсотка пошкоджених рослин соняшника на кожній дослідній ділянці і візуальною оцінкою ступеня пошкодження, яку представляли у відсотках (0 — відсутність пошкодження, 100 — повна загибель рослини). Фітотоксичну дію на культуру обчислювали за формулою (3):

$$F = \sum N_{pi} \cdot P_i/N \quad (3),$$

де F — фітотоксична дія на культуру, N_{pi} — кількість рослин з певним типом та інтенсивністю пошкодження, N — загальна кількість обстежених рослин, P_i — величина певного типу пошкодження у відсотках.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу (ANOVA) з використанням Тьюки (HSR) тесту. Результати представляли у вигляді середніх і стандартних похибок ($\bar{x} \pm SE$). Різниці між даними вважали вірогідними за $p < 0,05$.

Результати та обговорення

У перший рік досліджень аклоніфен вносили у рекомендованих нормах 0,6 та 1,2 кг/га. Норми внесення прометрину становили 0,25 і 0,5 кг/га, що, відповідно, у 4 та 2 рази менше від мінімальної рекомендованої норми цього гербіциду при застосуванні до появи сходів соняшника. Основну загрозу для посівів соняшника становили два види бур'янів: однорічний дводольний латук компасний (*Lactuca serriola* L.) та однорічний злаковий мишій сизий (*Setaria glauca* L.) (табл. 1). Окремо застосовані аклоніфен і прометрин слабо діяли на латук компасний та мишій сизий. За внесення суміші ефективність контролювання бур'янів підвищувалась. Визначення ефекту взаємодії показало, що при всіх нормах внесення очікувана дія на латук компасний не відрізнялася достовірно від фактичної, що свідчить про прояв адитивної взаємодії (рис. 1, а). За норми внесення аклоніфену 0,6 кг/га і прометрину 0,25 кг/га очікувана дія на мишій сизий дорівнювала

ЕФЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ АКЛОНІФЕНУ ТА ПРОМЕТРИНУ

ТАБЛИЦЯ 1. Ефективність контролювання бур'янів (%) при застосуванні гербіцидів на посівах соняшника

Варіант	Латук компасний	Мишій сизий
Аклоніфен (0,6 кг/га)	38±5 ^a	30±1 ^a
Аклоніфен (1,2 кг/га)	44±7 ^a	30±1 ^a
Прометрин (0,25 кг/га)	39±7 ^a	33±3 ^a
Прометрин (0,5 кг/га)	49±10 ^a	35±3 ^a
Аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,25 кг/га)	69±8 ^b	56±7 ^b
Аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,5 кг/га)	70±6 ^b	78±6 ^c
Аклоніфен (1,2 кг/га) + прометрин (0,25 кг/га)	78±8 ^{bc}	81±8 ^{cd}
Аклоніфен (1,2 кг/га) + прометрин (0,5 кг/га)	91±3 ^c	90±4 ^d

Примітка: тут і в табл. 2 різними літерами позначено значення, які вірогідно відрізняються за $p < 0,05$.

фактичній, тобто взаємодія є адитивною, за інших співвідношень норм внесення фактична дія вірогідно перевищувала очікувану, що є підтвердженням синергічної взаємодії (рис. 1, б).

Проявом фітотоксичної дії гербіцидів на культуру були хлоротичні плями на листках соняшника. У разі застосування гербіцидів окремо фітотоксична дія прометрину перевищувала вплив аклоніфену, хоча й дія аклоніфену була досить значною. Фітотоксична дія сумішей зростала, особливо за більшої норми внесення аклоніфену (рис. 2). У зв'язку з цим на наступний рік аклоніфен вносили у найменшій рекомендованій нормі 0,6 кг/га, а прометрин — в істотно знижених нормах щодо попереднього року випробувань — 0,15; 0,1

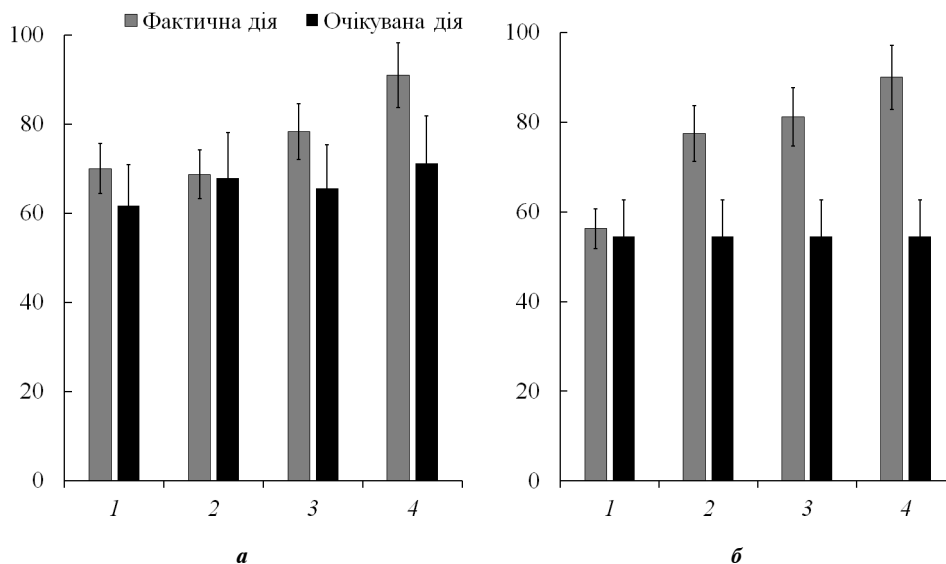


Рис. 1. Фактична та очікувана інгібувальна дія (%) сумішей гербіцидів аклоніфену та прометрину на латук компасний (а) та мишій сизий (б):

1 — аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,25 кг/га); 2 — аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,5 кг/га); 3 — аклоніфен (1,2 кг/га) + прометрин (0,25 кг/га); 4 — аклоніфен (1,2 кг/га) + прометрин (0,5 кг/га)

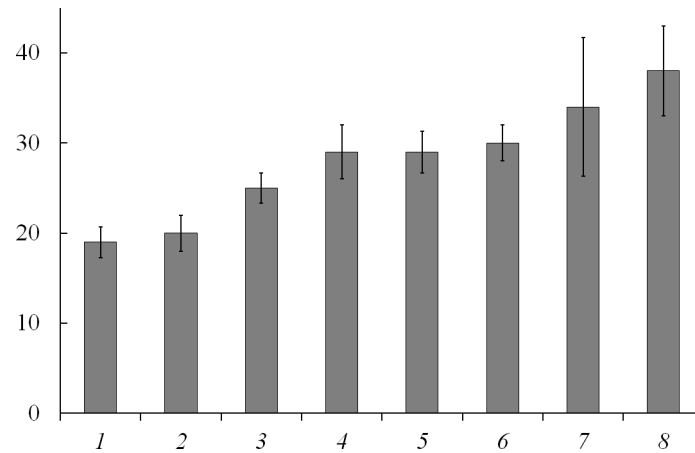


Рис. 2. Фітотоксична дія (%) на культуру при застосуванні сумішей гербіцидів аклоніфену та прометрину по сходах соняшника:

1 — аклоніфен (0,6 кг/га); 2 — аклоніфен (1,2 кг/га); 3 — прометрин (0,25 кг/га); 4 — прометрин (0,5 кг/га); 5 — аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,25 кг/га); 6 — аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,5 кг/га); 7 — аклоніфен (1,2 кг/га) + прометрин (0,25 кг/га); 8 — аклоніфен (1,2 кг/га) + прометрин (0,5 кг/га)

та 0,05 кг/га. Основну загрозу для посіву соняшника становили однорічні дводольні бур'яни редька дика (*Raphanus raphanistrum* L.), гірчак беззковидний (*Poligonum convolvulus* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.), квасениця прямостояча (*Oxalis stricta* L.), а також однорічний злаковий бур'ян просо куряче (*Echinochloa crus-galli* L.). За монозастосування аклоніфен майже не впливав на злаковий бур'ян просо куряче (табл. 2). Ефективність контролювання аклоніфеном дводольних видів бур'янів була досить високою — 79—89 %. За норми внесення 0,05 кг/га не спостерігалось дії прометрину на дводольні види бур'янів, окрім лободи білої, яка була пригнічена на 23 %. Застосування окремо прометрину практично не вплинуло на просо куряче в усіх досліджених нормах внесення. З цього випливає, що норма внесення прометрину 0,05 кг/га є субгербіцидною. За підвищення норми внесення прометрину до 0,1 та

ТАБЛИЦЯ 2. Ефективність контролювання бур'янів (%) при застосуванні гербіцидів на посівах соняшника

Варіант	Гірчак беззковидний	Лобода біла	Редька дика	Квасениця прямостояча	Грицики звичайні	Просо куряче
Аклоніфен (0,6 кг/га)	79±1 ^d	89±2 ^b	85±1 ^d	80±5 ^c	80±4 ^c	10±1 ^b
Прометрин (0,05 кг/га)	0 ^a	23±3 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
Прометрин (0,1 кг/га)	15±3 ^b	25±3 ^a	30±4 ^b	23±3 ^b	8±1 ^b	0 ^a
Прометрин (0,15 кг/га)	25±3 ^c	25±3 ^a	50±4 ^c	25±3 ^b	10±4 ^b	0 ^a
Аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,05 кг/га)	96±3 ^c	98±3 ^c	90±4 ^e	83±6 ^c	99±1 ^d	31±4 ^c
Аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,1 кг/га)	96±3 ^c	98±3 ^c	97±2 ^f	91±3 ^{ce}	99 ±1 ^d	40±6 ^c
Аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,15 кг/га)	98±3 ^c	98±3 ^c	99±1 ^f	96±4 ^e	99±1 ^d	58±5 ^d

0,15 кг/га дія на дводольні види була незначною й не перевищувала 30 %, окрім дії на редьку дику за норми 0,15 кг/га, де вона становила 50 %. Додавання до аклоніфену прометрину в усіх досліджених нормах вірогідно збільшувало ефективність контролювання всіх видів бур'янів, окрім квасениці прямостоячої, ефективність контролювання якої зростала лише за норми внесення прометрину 0,15 кг/га. Висока ефективність контролювання дводольних бур'янів спостерігалася за додавання до аклоніфену прометрину в нормі 0,1 кг/га. Підвищення норми внесення прометрину до 0,15 кг/га майже не вплинуло на ефективність контролювання сумішшю дводольних видів бур'янів порівняно з дією суміші за норми прометрину 0,1 кг/га. Збільшення норми внесення прометрину вірогідно збільшило дію суміші на злаковий бур'ян просо куряче. Ця дія не перевищувала 58 %, чого недостатньо для ефективного контролювання виду в ценозі.

Підвищення ефективності контролювання сумішшю гербіцидів лободи білої, редьки дикої, грициків звичайних і проса курячого при тому, що прометрин у субгербіцидній нормі 0,05 кг/га в застосуванні окремо майже не впливав на ці бур'яни, підтверджує синергічну взаємодію аклоніфену та прометрину. За збільшення норми внесення прометрину до 0,1 кг/га фактична дія вірогідно перевищувала очікувану для гірчак безрезковидного (рис. 3). Для інших видів бур'янів також спостерігалася перевищення фактичної дії над очікуваною, але різниця не була значущою. Отже, щодо цих видів взаємодію аклоніфену та прометрину в нормі 0,1 кг/га слід вважати адитивною.

Застосування окремо аклоніфену та прометрину істотного фітотоксичного впливу на соняшник не мало (рис. 4). Однак при застосуванні суміші за всіх норм внесення прометрину негативний вплив на культуру стрімко зростав. Таким чином, навіть за субгербіцидної норми внесення, за якої застосування прометрину окремо не впливало на соняшник і бур'яни, дія суміші аклоніфену з прометрином на культуру внаслідок синергізму посилювалася.

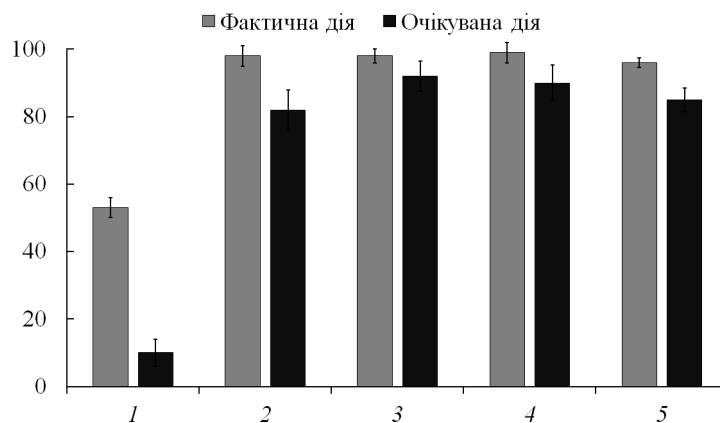


Рис. 3. Фактична та очікувана ефективність контролювання дводольних видів бур'янів (%) сумішшю гербіцидів аклоніфену (0,6 кг/га) і прометрину (0,1 кг/га):

1 — гірчак безрезковидний; 2 — лобода біла; 3 — редька дика; 4 — квасениця прямостояча; 5 — грицики звичайні

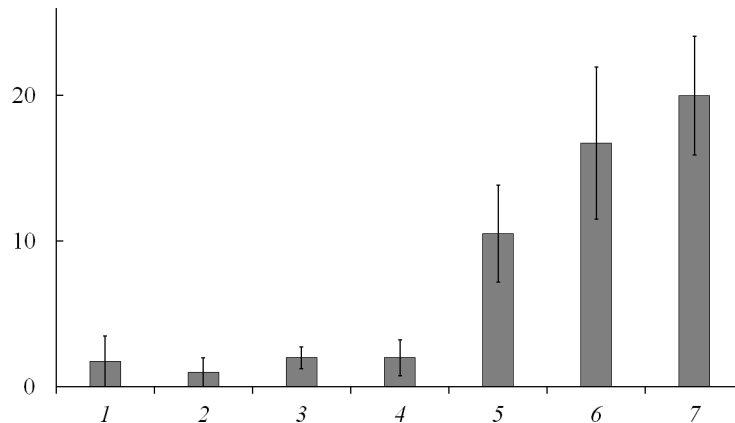


Рис. 4. Фітотоксична дія (%) на культуру при застосуванні на посівах соняшника гербіцидів аклоніфену (0,6 кг/га), прометрину (0,05–0,15 кг/га) та їх сумішей:

1 – аклоніфен (0,6 кг/га); 2 – прометрин (0,05 кг/га); 3 – прометрин (0,1 кг/га); 4 – прометрин (0,15 кг/га); 5 – аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,05 кг/га); 6 – аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,1 кг/га); 7 – аклоніфен (0,6 кг/га) + прометрин (0,15 кг/га)

Проведені дослідження показали, що взаємодія ІСК аклоніфену та ІТЕ прометрину в разі застосування їхніх сумішей на посівах соняшника щодо дводольних видів є синергічною або адитивною, а щодо злакових видів бур'янів – синергічною. Такий характер взаємодії забезпечує високу ефективність контролювання сумішшю дводольних видів бур'янів. Однак завдяки синергізму застосування суміші аклоніфену з прометрином по вегетації соняшника призводить до істотного ураження культури навіть за субгербіцидної норми внесення прометрину. Таким чином, застосування суміші аклоніфену з прометрином на посівах соняшника недоцільне. Водночас не виключена можливість внесення цієї суміші у ґрунт до появи сходів соняшника, оскільки в цьому випадку селективність обох компонентів щодо культури значно більша, ніж при внесенні по сходах. Використання суміші аклоніфену з прометрином до появи сходів має сенс, якщо за такого способу характер їхньої взаємодії щодо бур'янів буде таким самим, як і по сходах.

Незважаючи на негативний висновок щодо доцільності застосування сумішей аклоніфену з прометрином по вегетації соняшника, отримані результати мають практичну значущість, яка полягає у високій вірогідності синергічної або адитивної взаємодії за сумісного застосування гербіцидів ІСК та ІТЕ. До цього часу було відомо, що синергізм спостерігається за сумісного застосування ІСК з класу інгібіторів ГФПД з ІТЕ [7–11]. Отримані результати свідчать, що взаємодія гербіцидів ІСК з ІТЕ може бути синергічною, якщо механізм інгібування синтезу каротиноїдів відмінний від впливу на активність ГФПД.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Mitkov A., Yanev M., Tonev T., Tityanov M. Weed control in sunflower fields by Clearfield technology. *Agricultural Sci.* 2016. **8**, N 19. P. 167–173.

2. Мордерер Є.Ю., Нізков Є.І., Радченко М.П., Родзевич О.П., Сичук А.М. Контролювання бур'янів у посівах сільськогосподарських культур за допомогою гербіцидів. Київ: Логос, 2014. С. 206–209.
3. Jursik M., Soukup J., Holec J., Andr J., Hamouzova K. Efficacy and selectivity of pre-emergent sunflower herbicides under different soil moisture conditions. *Plant Protection Sci.* 2015. **51**, N 4. P. 214–222. <https://doi.org/10.17221/82/2014-PPS>
4. Miller M.R., Norsworthy J.K. Influence of soil moisture on absorption, translocation, and metabolism of florasulfuron-benzyl. *Weed Sci.* 2018. **66**, N 4. P. 418–423. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.21>
5. Мордерер Є.Ю., Мережинський Ю.Г. Гербіциди. Механізми дії та практика застосування. Київ: Логос, 2009. Том 1. С. 379.
6. Kahlau S., Schroder F., Freigang J., Laber B., Lange G., Passon D., Kleeshen S., Lohse M., Schulz A., Von Koskull-Doring P., Klie S., Gille S. Aclonifen targets solanesyl diphosphate synthase, representing a novel mode of action for herbicides. *Pest Manag. Sci.* 2020. **76**, N 10. P. 3377–3388. <https://doi.org/10.1002/ps.5781>
7. Walsh M.J., Stratford K., Stone K., Powles S.B. Synergistic effects of atrazine and mesotrione on susceptible and resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations and the potential for overcoming resistance to triazine herbicides. *Weed Technol.* 2012. **26**, N 2. P. 341–347. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00132.1>
8. O'Brien S.R., Davis A.S., Riechers D.E. Quantifying resistance to isoxaflutole and mesotrione and investigating their interactions with metribuzin POST in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*). *Weed Sci.* 2018. **66**, N 5. P. 586–594. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.36>
9. Osipitan O.A., Scott J.E., Knezevic S.Z. Tolpyralate applied alone and with atrazine for weed control in corn. *J. Agricult. Sci.* 2018. **10**, N 10. P. 32–39. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p32>
10. Willemse C., Soltani N., Benoit L., Jhala A.J., Hooker D.C., Robinson D.E., Sikkema P.H. Is there a benefit of adding atrazine to HPPD-inhibiting herbicides for control of multiple-herbicide-resistant, including group 5-resistant, waterhemp in corn? *J. Agricult. Sci.* 2021. **13**, N 7. P. 21–31. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n7p21>
11. 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**, N 3. P. 391–396. <https://doi.org/10.1614/WT-07-178.1>
12. Radchenko M.P., Guralchuk Zh.Z., Rodzevych O.P., Khandezhina M.V., Morderer Ye.Yu. Effectiveness of using the mixtures of herbicides flumioxazine and fluorochloridone in sunflower crops. *Agricultural Sci. and Practice.* 2022. **9**, N 2. P. 23–37. <https://doi.org/10.15407/agrisp9.02>
13. Методики випробування і застосування пестицидів: Трибель С.О. (ред.). Київ: Світ, 2001. 448 с.
14. Colby S.R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weed Sci.* 1969. **15**, N 1. P. 20–22. <https://doi.org/10.2307/4041058>

Отримано 14.11.2022

REFERENCES

1. Mitkov, A., Yanev, M., Tonev, T. & Tityanov, M. (2016). Weed control in sunflower fields by Clearfield technology. *Agricult. Sci.*, 8, No. 19, pp. 167-173.
2. Morderer, Ye.Yu., Nizkov, Ye.I., Radchenko, M.P., Rodzевич, O.P. & Sychuk, A.M. (2014). Weed control of crops with herbicides. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
3. Jursik, M., Soukup, J., Holec, J., Andr, J. & Hamouzova, K. (2015). Efficacy and selectivity of pre-emergent sunflower herbicides under different soil moisture conditions. *Plant Protect. Sci.*, 51, No. 4, pp. 214-222. <https://doi.org/10.17221/82/2014-PPS>
4. Miller, M.R. & Norsworthy, J.K. (2018). Influence of soil moisture on absorption, translocation, and metabolism of florasulfuron-benzyl. *Weed Sci.*, 66, No. 4, pp. 418-423. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.21>
5. Morderer, Ye.Yu. & Merezhytsky, Yu.G. (2009). Herbicides. Mechanisms of action and practice. Vol. 1. Kyiv: Logos [in Ukrainian].

6. Kahlau, S., Schroder, F., Freigang, J., Laber, B., Lange, G., Passon, D., Kleeshen, S., Lohse, M., Schulz, A., Von Koskull-Doring, P., Klie, S. & Gille, S. (2020). Aclonifen targets solanesyl diphosphate synthase, representing a novel mode of action for herbicides. *Pest Management Sci.*, 76, No. 10, pp. 3377-3388. <https://doi.org/10.1002/ps.5781>
7. Walsh, M.J., Stratford, K., Stone, K. & Powles, S.B. (2012). Synergistic effects of atrazine and mesotrione on susceptible and resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations and the potential for overcoming resistance to triazine herbicides. *Weed Technol.*, 26, No. 2, pp. 341-347. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00132.1>
8. O'Brien, S.R., Davis, A.S. & Riechers, D.E. (2018). Quantifying resistance to isoxaflutole and mesotrione and investigating their interactions with metribuzin POST in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*). *Weed Sci.*, 66, No. 5, pp. 586-594. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.36>
9. Osipitan, O.A., Scott, J.E. & Knezevic, S.Z. (2018). Tolpyralate applied alone and with atrazine for weed control in corn. *J. Agricult. Sci.*, 10, No. 10, pp. 32-39. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p32>
10. Willemse, C., Soltani, N., Benoit, L., Jhala, A.J., Hooker, D.C., Robinson, D.E. & Sikkema, P.H. (2021). Is there a benefit of adding atrazine to HPPD-inhibiting herbicides for control of multiple-herbicide-resistant, including group 5-resistant, waterhemp in corn? *J. Agricult. Sci.*, 13, No. 7, pp. 21-31. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n7p21>
11. Armel, G.R., Wilson, H.P., Richardson, R.J., Whaley, C.M. & Hines, T.E. (2008). Mesotrione combinations with atrazine and bentazon for yellow and purple nutsedge (*Cyperus esculentus* and *C. rotundus*) control in corn. *Weed Technol.*, 22, No. 3, pp. 391-396. <https://doi.org/10.1614/WT-07-178.1>
12. Radchenko, M.P., Guralchuk, Zh.Z., Rodzevych, O.P., Khandezhina, M.V. & Morderer, Ye.Yu. (2022). Effectiveness of using the mixtures of herbicides flumioxazine and fluorochloridone in sunflower crops. *Agricultural Sci. and Practice*, 9, No. 2, pp. 23-37. <https://doi.org/10.15407/agrisp9.02>
13. Tribel, S.O. (Ed.). (2001). *Methods of testing and application of pesticides*. Kyiv, Swit [in Ukrainian].
14. Colby, S.R. (1969). Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weed Sci.*, 15, No. 3, pp. 20-22. <https://doi.org/10.2307/4041058>

Received 14.11.2022

ACLONIFEN AND PROMETRYN INTERACTION EFFECTS ON SUNFLOWER

V.V. Yuhymuk

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: yuhymuk.v@ukr.net

Sunflower is a strategic crop for Ukraine, the area under crops in 2022 was 4 573.8 thousand ha. Sunflower crops in the first stages of their development can be severely suppressed by weeds. The main threat is dicotyledonous weed species, for the control of which representatives of several classes of herbicides are recommended. However, all these herbicides should be applied to the soil before the emergence of sunflowers and weeds, the effectiveness of which depends on soil moisture and decreases sharply in drought conditions. The range of herbicides that can be used on sunflower vegetation, and are effective against dicotyledonous weeds is extremely limited. In particular, the herbicide aclonifen is recommended for use during sunflower vegetation. However, the selectivity for sunflower when applied during the growing season is insufficient, as a result of which there is a high probability of temporary suppression of the crop. So, it is important to find a partner for simultaneous use with aclonifen in order to increase the selectivity of aclonifen due to the interaction effect. Significant changes in the selective phytotoxicity of aclonifen, which is carotenoid synthesis (CS) inhibitor, can be expected in the mixtures with herbicides — inhibitors of electron transport in photosystem II (PS II) of chloroplast. However, herbicides of this class, in particular prometryn, are recommended for use in sunflower crops only

before emergence. At the same time, it is possible that reducing the rate of prometryn application to the subherbicidal level will allow to use it in the mixtures after sunflower emerging. Therefore, the purpose of this research was to investigate the effect of interaction, the effectiveness of weed control and the selectivity for the crop depending on the rates of aclonifen and prometryn applying alone and in the mixtures after emergens of sunflower. It was shown that interaction of aclonifen and prometryn for dicotyledonous weed species is synergistic or additive in the range of aclonifen recommended application rates from 0.6 to 1.2 kg/ha, and in the reduced to the subherbicidal rates of promethrin from 0.5 to 0.05 kg/ha. That ensures the high efficiency of the mixture for the control of wide range of dicotyledonous weed species. At the same time, due to synergism there was a sharp increase in phytotoxic effects of the mixture on sunflower, even with the minimum application rate of aclonifen of 0.6 kg/ha and the subherbicide rate of prometryn of 0.05 kg/ha, at which prometryn had practically no effect on weeds and sunflower. As a result, the use of the mixtures of aclonifen and prometryn after emergence of sunflower is not advisable. At the same time, the obtained results testify to the high probability of synergistic interaction of herbicides CS inhibitors joined use whis ET inhibiting herbicides, with can be used for the elaboration of herbicide compositions for the protection of other agricultural crop.

Key words: *Helianthus annuus* L., interaction of herbicides, synergism, aclonifen, prometryn.