

# ЕФЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ У СУМІШАХ

## гербіцидів інгібіторів ацетолактатсинтази з гербіцидом метрибузином

*Досліджено зміни фітотоксичної дії та ефективності контролювання бур'янів при сумісному застосуванні гербіцидів інгібіторів ацетолактатсинтази піроксуламу та пеноксуламу з гербіцидом метрибузином, який володіє прооксидантною активністю. Показано, що фітотоксична дія гербіцидів інгібіторів ацетолактатсинтази може бути підвищена за рахунок зсуву стану антиоксидантно-прооксидантної рівноваги у бік окиснювальних процесів.*

**гербіциди, ацетолактатсинтаза, антиоксидантно-прооксидантна рівновага**

Дослідження механізму патогенезу, індукованого гербіцидами інгібіторами ацетил-КоА-карбоксилази (АКК) (грамініциди), показало, що розвиток їх фітотоксичної дії опосередкований утворенням активних форм кисню (АФК) [1, 3, 4]. Внаслідок цього чутливість рослин до грамініцидів залежить від стану антиоксидантно-прооксидантної рівноваги [5]. Було показано, що зсув стану рівноваги у бік окиснювальних процесів збільшує, а підвищення активності антиоксидантного захисту — зменшує фітотоксичну дію грамініцидів [5, 6, 9]. Можливість підвищення ефективності контролювання бур'янів за рахунок комплексного застосування грамініциду феноксапроп-етилу з гербіцидом метрибузином, який володіє прооксидантною активністю, була підтверджена у польових дослідках [2].

Встановлено, що фітотоксична дія гербіцидів інгібіторів ацетолактатсинтази (АЛС), хоча й у меншому ступені, ніж у гербіцидів інгібіторів АКК, але також опосередковується утворенням АФК [7]. З цього випливає, що підсилення окиснювальних процесів може підвищувати дію гербіцидів інгібіторів АЛС аналогічно тому, як це має місце для гербіцидів інгібіторів АКК. Для перевірки даного припущення було досліджено вплив гербіциду метрибузину

---

**А.М. СИЧУК,**  
кандидат біологічних наук  
**Є.І. НІЗКОВ, О.П. РОДЗЕВИЧ,**  
**Є.Ю. МОРДЕРЕР,**  
доктор біологічних наук  
Інститут фізіології рослин і генетики  
НАН України

---

на фітотоксичність та ефективність контролювання бур'янів гербіцидами інгібіторами АЛС пеноксуламом та піроксуламом.

У дослідках використовували наступні гербіцидні препарати: Зенкор 70 WG, в.г. (метрибузин, 700 г/кг), Паллас 45 ОД (піроксулам, 45 г/л + антидот, 90 г/л), Цитадель 25 ОД (пеноксулам, 25 г/л).

На першому етапі вивчено характер взаємодії гербіцидів діючих речовин піроксуламу та пеноксуламу з метрибузином. Дослідження проводили в умовах вегетаційних дослідів з використанням рослин гороху та ячменю в якості моделі бур'янів. Рослини вирощували у пластикових посудинах (1 кг ґрунту) на вегетаційному майданчику. Гербіцидами обробляли шляхом обприскування листків фіксованим об'ємом розчину певної концентрації. В якості критеріїв фітотоксичності використовували пригнічення наростання маси сирі речовини. Ефект взаємодії визначали шляхом порівняння фактичної фітотоксичної дії суміші гербіцидів з очікуваною дією, яку розраховували за методом Колбі [8]

У першому досліді на рослинах гороху було визначено ефект взаємодії у суміші піроксуламу з метрибузином ( $10^{-4}$  М). Порівняно низька концентрація метрибузину була обрана у зв'язку з тим, що суміш піроксуламу з метрибузином є перспективною для використання в посівах пшениці, яка є досить чутливою до метрибузину. Виявилось, що при даній концентрації метрибузин не пригнічує, а навіть дещо стимулює ріст рослин гороху. В

той же час, додавання метрибузину достовірно збільшувало фітотоксичну дію піроксуламу. Фактична фітотоксична дія суміші, при концентраціях піроксуламу  $2,5 \cdot 10^{-4}$  —  $5 \cdot 10^{-4}$  М, достовірно перевищувала очікувану, що свідчить про наявність синергізму.

У другому досліді на рослинах ячменю було визначено ефект взаємодії у суміші пеноксуламу та метрибузину. У даному досліді концентрацію метрибузину було збільшено до  $5 \cdot 10^{-4}$  М, оскільки дана суміш є перспективною для застосування в посівах кукурудзи, яка є більш стійкою до метрибузину, ніж пшениця. Виявилось, що при обраному для дослідів діапазоні концентрацій пеноксуламу  $2,5 \cdot 10^{-5}$  М,  $5 \cdot 10^{-5}$  М та  $10^{-4}$  М цей гербіцид не впливає негативно, а навпаки стимулює ріст ячменю. Незважаючи на стимулюючий вплив пеноксуламу на ріст ячменю, при його додаванні до метрибузину фітотоксична дія не зменшувалася, а навіть мала тенденцію до зростання, що є свідченням адитивної взаємодії. При дослідженні ефекту взаємодії у сумішах грамініцидів з метрибузином синергічна взаємодія спостерігалася у широкому діапазоні концентрацій метрибузину, але тільки за досить високої концентрації грамініциду. При зменшенні концентрації грамініциду взаємодія з синергічної змінювалася на адитивну. Тобто, умовою синергічного підвищення фітотоксичної дії грамініциду метрибузином була наявність достатньої фітотоксичної дії самого грамініциду [5]. Тому відсутність синергізму при застосуванні суміші пеноксуламу з метрибузином може бути зумовлена високою стійкістю рослин ячменю до дії пеноксуламу.

Паралельно з проведенням вегетаційних було закладено польові досліді в посівах пшениці озимої та кукурудзи. Гербіциди вносили шляхом суцільної обробки посіву за допомогою обприскувача Агрітоп (інтегральний штанговий), ширина штанги — 2,5 м, кількість розпилювачів — 5, швидкість



руху — 5 км/год, витрата робочої рідини — 300 л/га. Посів пшениці озимої обробляли у фазу куштиння культури, посів кукурудзи — у фазу 4 листків у культури. Обліки бур'янів проводили перед обробкою гербіцидами, через 15, 30 та 50 діб після обробки. Ефективність дії гербіцидів оцінювали для окремих видів бур'янів шляхом підрахунку кількості бур'янів на облікових ділянках та візуальної оцінки проявів фітотоксичної дії й виражали у відсотках: 100% — повне знищення бур'янів, 0% — повна відсутність проявів фітотоксичної дії.

Ефективність контролювання бур'янів сумішню гербіцидів з діючими речовинами піроксулам та метрибузин було досліджено в посіві пшениці озимої сорту Фаворитка, засміченому однорічними злаковими та дводольними бур'янами. Виявилось, що піроксулам ефективно знищував однорічний злаковий бур'ян метлюг звичайний (*Apera spica-venti* (L.) Pal. Beauv.), але слабо діяв на інший злаковий бур'ян — тонконіг однорічний (*Poa annua* L.), та на дводольні бур'яни — волошку синю (*Centaurea cyanus* L.) і ромашку непахучу (*Matricaria inodora* L.) (табл. 1). Додавання метрибузину синергічно збільшило дію піроксуламу на тонконіг однорічний. В той же час, на стійких до піроксуламу дводольних бур'янах взаємодія мала ознаки антагонізму.

Такий характер впливу метрибузину на фітотоксичну дію піроксуламу абсолютно збігається з тим, який мав місце у сумішах метрибузину з інгібіторами АКК, коли синергізм спостерігався лише за наявності суттєвої фітотоксичної дії самого інгібітора АКК [5].

У посіві кукурудзи гібриду Росава було досліджено ефективність контролювання бур'янів при застосуванні сумішей пенноксуламу з метрибузином. Додавання метрибузину збільшило ефективність контролювання пенноксуламом як злакового бур'яну проса курячого (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal. Beauv.), так і дводольного — лободи білої (*Chenopodium album* L.). При цьому зростання ефективності дії на просо куряче однозначно пов'язане з синергічним збільшенням фітотоксичної дії пенноксуламу, оскільки при обох нормах внесення метрибузин практично на цей бур'ян не впливав (табл. 2).

З отриманих результатів можна

### 1. Ефективність (%) контролювання бур'янів в посіві пшениці озимої через 30 діб після обробки гербіцидами

№	Варіант	Тонконіг однорічний	Метлюг звичайний	Волошка синя	Ромашка непахуча
1	Піроксулам (9 г/га)	13	80	12	43
2	Піроксулам (9 г/га) + метрибузин (140 г/га)	58	97	18	65
3	Піроксулам (9 г/га) + метрибузин (280 г/га)	97	98	23	63
4	Піроксулам (13,5 г/га)	18	85	13	55
5	Піроксулам (13,5 г/га) + метрибузин (140 г/га)	80	98	31	66
6	Піроксулам (13,5 г/га) + метрибузин (280 г/га)	96	96	33	75
7	Піроксулам (18 г/га)	40	83	16	89
8	Піроксулам (18 г/га) + метрибузин (140 г/га)	90	97	26	81
9	Піроксулам (18 г/га) + метрибузин (280 г/га)	97	97	33	78
	HIP <sub>05</sub>	20	10	20	15

### 2. Ефективність (%) контролювання бур'янів в посіві кукурудзи через 30 діб після обробки гербіцидами

№	Варіант	Просо куряче	Лобода біла
1	Пенноксулам (12,5 г/га)	50	23
2	Пенноксулам (12,5 г/га) + метрибузин (140 г/га)	64	86
3	Пенноксулам (12,5 г/га) + метрибузин (280 г/га)	66	95
4	Пенноксулам (20 г/га)	55	43
5	Пенноксулам (20 г/га) + метрибузин (140 г/га)	69	96
6	Пенноксулам (20 г/га) + метрибузин (280 г/га)	78	96
7	Метрибузин (140 г/га)	0	70
8	Метрибузин (280 г/га)	0	88
	HIP <sub>05</sub>	10	15

зробити наступні висновки. Фітотоксична дія гербіцидів інгібіторів АЛС піроксуламу та пенноксуламу на чутливі до них види бур'янів синергічно підвищується при додаванні субгербіцидних норм гербіциду метрибузину, який володіє прооксидантною активністю. Таким чином, підтверджено припущення, що фітотоксична дія гербіцидів інгібіторів АЛС може бути підвищена за рахунок зсуву стану антипрооксидантної рівноваги у бік окиснювальних процесів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Мордерер Є.Ю. Дослідження участі вільнорадикальних окиснювальних реакцій у розвитку фітотоксичної дії грамніцидів / Є.Ю. Мордерер, М.П. Паланиця, О.П. Родзевич // Физиология и биохимия культурных растений. — 2008. — Т. 40, №1. — С. 56—62.
2. Ефективність контролювання бур'янів при застосуванні у посівах озимої пшениці суміші гербіцидів Пума Супер, Зенкор і Гроділ Макс / Є.Ю. Мордерер, М.П. Радченко, Є.І. Нізков, О.П. Родзевич // Физиология растений и генетика. — 2013. — 45, № 4. — С. 349—357.
3. Можлива участь активних форм кисню у розвитку фітотоксичної дії грамніцидів / М.П. Паланиця, В.В. Трач, О.П. Родзевич, Є.Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культурных растений. — 2008. — 40, № 4. — С. 355—361.

4. Паланиця М.П. Генерування активних форм кисню за дії грамніцидів і модифікаторів їх активності / М.П. Паланиця, В.В. Трач, Є.Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культ. растений. — 2009. — Т. 41, № 4 — С. 328—334.

5. Підвищення вибіркової фітотоксичності та стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в разі застосування грамніциду феноксапроп-Р-етилу в потрібній суміші з гербіцидами синергістом та антагоністом / М.П. Радченко, А.М. Сичук, О.П. Родзевич, Є.Ю. Мордерер // Физиология растений и генетика. — 2013. — 45, № 4. — С. 306—312.

6. Радченко М.П. Зменшення антагонізму в сумішах гербіцидів за допомогою специфічного інгібітора активності супероксиддисмутази / М.П. Радченко, А.М. Сичук, Є.Ю. Мордерер // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». — 2013. — 26 (65), № 3. — С. 161—168.

7. Сичук А.М. Участь програмованої загибелі клітин у індукованому гербіцидами патогені: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 «Физиология растений» — К., 2015. — 21 с.

8. Colby S.R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations / S.R. Colby // Weed Sci. — 1969. — 15 — P. 20—22.

9. Radchenko M.P. Decrease of the herbicide fenoxaprop phytotoxicity in the drought condition: the role of antioxidant enzymatic system / M.P. Radchenko, A.M. Sychuk, Ye.Yu. Morderer // Journal of Plant Protection Research. — 2014. — Vol. 54, Issue 4. — p. 390—394.

Сычук А.М., Низков Е.И.,  
Родзевич Е.П., Мордерер Е.Ю.

**Эффекты взаимодействия  
в смесях гербицидов ингибиторов  
ацетолактатсинтазы с гербицидом  
метрибузином**

Изучены изменения фитотоксического действия и эффективности контроля сорняков при совместном применении гербицидов ингибиторов ацетолактатсинтазы пироксулама и пеноксулама с гербицидом метрибузином, который обладает прооксидантной активностью. Показано, что фитотоксическое действие гербицидов ингибиторов

ацетолактатсинтазы может быть повышено за счет сдвига состояния антиоксидантно-прооксидантного равновесия в сторону окислительных процессов.

**гербициды, ацетолактатсинтаза,  
антиоксидантно-прооксидантное  
равновесие**

Sychuk A.M., Nizkov Y.I., Rodzevich Y.P.,  
Morderer Y.Y.

**Interaction effects in the mixtures of  
acetolactate synthase inhibiting herbicides  
with herbicide metribuzin**

The changes of phytotoxic effect and effectiveness of weeds control in the joint ap-

plication of acetolactate synthase inhibiting herbicides piroxsulam and penoxsulam with prooxidant herbicide metribuzin has been investigated. It was shown that the phytotoxic action of acetolactate synthase inhibiting herbicides can be increased by shifting the state of the antioxidant-prooxidant balance towards oxidative processes.

**herbicides, acetolactate synthase, anti-  
oxidant-prooxidant balance**

Рецензент:

В.В. Швартау, доктор біологічних наук,  
член-кореспондент НАН України  
Інститут фізіології рослин  
і генетики НАН України

УДК 581.1:632.954

© В.В. Швартау, Л.М. Михальська, О.В. Журенко, 2016

# ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗИСТЕНТНИХ ДО ДІЇ ГЕРБИЦИДІВ БУР'ЯНІВ В УКРАЇНІ

Дослідили присутність потенційно резистентних до дії гербицидів — інгібіторів ацетолактатсинтази — біотипів бур'янів на посівах провідних аграрних компаній України та визначили шляхи протидії появі резистентних біотипів бур'янів. Вперше в Україні ідентифіковано резистентні до дії гербицидів — інгібіторів ацетолактатсинтази — біотиби бур'янів канатника Теофраста та лободи білої. Нині, необхідні широкі дослідження присутності в агрофітоценозах резистентних до дії гербицидів й інших видів бур'янів, відповідне інформаційне забезпечення аграріїв і невідкладне впровадження заходів із запобігання появі та розповсюдження резистентних до дії гербицидів видів бур'янів.

**бур'яни, резистентність, гербициди, інгібітори ацетолактатсинтази**

В Україні забур'яненість посівів сільськогосподарських культур дуже висока і це є однією із головних перешкод на шляху до високих врожаїв та рентабельного рослинництва. Зниження продуктивності посівів сільськогосподарських культур за присутності бур'янів може становити 20—50% можливого рівня урожайності посівів суцільного способу сівби і 40—80% й до повної втрати врожаю ширококорядних посівів [1—3]. Без очищення посівів від бур'янів неможливо реалізувати продуктивний потенціал гібридів та сортів культурних рослин, до-

**В.В. ШВАРТАУ,**

доктор біологічних наук,  
член-кореспондент НАН України,  
e-mail: VictorSchwartau@gmail.com

**Л.М. МИХАЛЬСЬКА,**

кандидат біологічних наук  
e-mail: Mykhalskaya\_L@ukr.net

**О.В. ЖУРЕНКО,**

інженер відділу фізіології  
живлення рослин  
e-mail: kseniya.zhurenko@gmail.com  
Інститут фізіології рослин  
і генетики НАН України,  
вул. Васильківська, 31/17, Київ-22, 03022

сягти ефективності застосування органічних і мінеральних добрив й найбільш повного використання природних ресурсів та можливостей сучасних сільськогосподарських машин, а також отримати належні результати від капіталовкладень у аграрний сектор країни.

Сучасні вимоги до рівня урожайності та технології вирощування потребують застосування сортів високоінтенсивного типу з відповідними потребами до рівнів застосування добрив. У зв'язку з різким підвищенням вартості мінеральних добрив зростає актуальність їх цільового використання культурними рослинами [3].

Переважає більшість гербицидів в Україні для культурних рос-

лин — зернових колосових, кукурудзи, соняшника, зернобобових тощо, відноситься за механізмом дії до інгібіторів ацетолактатсинтази (АЛС). АЛС (КФ 4.1.3.18) є ключовим ферментом у синтезі амінокислот із розгалуженим вуглецевим ланцюгом — ізoleyцину, лейцину та валіну. До класу інгібіторів АЛС входять численні гербициди — похідні імідазолінонів, піримідинілтіобензоатів, сульфоніламінокарбонілтриазолінонів, сульфонілсечовин та триазолопіримідинів, проте точного механізму прояву фітотоксичної дії до цього часу не з'ясовано. Широке застосування гербицидів з одним механізмом дії створює загрозу виникнення резистентних до гербицидів видів бур'янів. При виникненні та розповсюдженні резистентних біотипів витрати на контролювання бур'янів можуть зростати на 60—100% та більше.

Нині у світі відомо 461 унікальний випадок виникнення резистентних біотипів бур'янів, серед яких 247 видів рослин (144 дводольних і 103 однодольних). Бур'яни сформували резистентність до 22 з 25 відомих сайтів дії гербицидів та до 157 різних гербицидів. Резистентні до дії гербицидів біотиби бур'янів зареєстровано на посівах 86 культур у 66 країнах [6, 9, 11, 12].

З кожним роком, починаючи з 50-х років минулого століття, дослідження впливу гербицидів на