
ЕКОЛОГІЧНА БІОХІМІЯ ТА ЕКОФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 581.5:615.53:632.51:632.937

Л. В. Орел¹, Л. О. Бойченко¹, Е. А. Головко², В. П. Грахов²

АЛЛЕЛОПАТИЧНО АКТИВНІ СПОЛУКИ ВИЩИХ РОСЛИН ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ФІТОРЕГУЛЯТОРІВ

¹Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова

²Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка АН України

Використовуючи відкриті рослини-донори – осот рожевий (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), суріпицю звичайну (*Barbarea vulgaris* R. Br.), рутку лікарську (*Fumaria officinalis* L.), було розроблено фіторегулятори, які містять як діючу основу багатокomпонентну синергетичну суміш фенольних сполук.

Досліджено хімічний склад рослин-донорів, виділено комплекс речовин ліпідної та фенольної природи. На основі синтетично відтвореної природної речовини, виділеної з *Cirsium arvense*, розроблено препарат алметид, який виявився ефективним у боротьбі з дводольними бур'янами у посівах ярого ячменю та озимої пшениці. Показано, що фіторегулятори практично повністю інактивуються в ґрунті через 25–30 діб, а синтетичний аналог природної сполуки алметид – через 45 діб.

Ключові слова: рослини-донори, фіторегулятори, дводольні бур'яни.

L. V. Orel¹, L. O. Boychenko¹, E. A. Golovko², V. P. Grakhov²

¹Odessa National Academy of commutation after O. S. Popov

²National botanic garden after M. M. Grishko AS of Ukraine

ALLELOPATHICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF WEEDS AND SCIENTIFIC PRINCIPLES OF WORKING OUT PHYTOREGULATORS

On the basis of discovered plant-donors (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Barbarea vulgaris* R. Br., *Fumaria officinalis* L.) herbicidic phyto regulators, containing the multicomponent, synergetical mixture of fenolic substances as a working basis.

For the first time was investigated the chemical composition of plant-donors, it was selected a complex of substances of lipidic and fenolic nature with high growth-inhibiting effect. On the basis of syntetically created naturally working substance secreted from *C. arvense* the herbicide almetid was worked out, which according to the field tests was exposed as efficient in combating dicotyledonous weeds in saving of spring barley and winter wheat. Investigation of persystation of phyto regulators showed, that they falltopieces in the ground in 25–30 hours practically at all and synthetic analog at nature substance of ampletion – in 45 hours.

Keywords: plant-donors, phyto regulators, dicotyledonous weeds.

У сучасному землеробстві України широко використовуються хімічні засоби захисту рослин, зокрема гербіциди, які призводять до змін екологічних умов, порушення консортивних відносин у біоценозах тощо. Потрапляючи в навколишнє середовище, хімічні ксенобіотики по харчових ланцюгах накопичуються у біоті у

© Орел Л. В., Бойченко Л. О., Головко Е. А., Грахов В. П., 2005

значних концентраціях (Яблоков, 1988; Лунев, 1992). Така екологічна ситуація вимагає розробки безпечних для довкілля засобів контролю чисельності бур'янів у посівах сільськогосподарських культур. Одним із шляхів створення екологічно безпечних засобів є використання алелопатично активних сполук вищих рослин.

Відомо, що рослини і мікроорганізми продукують велику кількість вторинних продуктів, багато з яких мають високу біологічну активність, володіють гербіцидною дією. Такі речовини можна використовувати як фітогербіциди. Вони також можуть слугувати моделлю для синтезу нових безпечних для довкілля препаратів (Гродзинский, 1965; Райс, 1978).

МЕТОДИ ЛАБОРАТОРНИХ ТА ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Роботу розпочато нами в 1987 р. з вивчення в лабораторних умовах дії водних витяжок із повітряно-сухої фітомаси органів рослин бур'янів на проростання насіння інших видів бур'янів і культурних рослин.

Бур'яни збирали в фазу цвітіння. Кореневу систему рослин брали з глибини 0–20 см. Зібрані рослини висушували в затінку до повітряно-сухого стану. Потім кожний орган рослин окремо подрібнювали і настоювали у воді протягом 24 годин при $t +18...+20$ °C у темряві. Співвідношення між рослинним матеріалом і водою варювало від 1:10 до 1:500.

Видами бур'янів, які використовувалися для тестування, були: щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik), талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.), кучерявець Софії (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl) та ін. Із культурних рослин тест-видами були озима м'яка пшениця (*Triticum aestivum* L.) та озима тверда пшениця (*Tr. durum* Desf.), кукурудза (*Zea mays* L.), озимий і ярий ячмінь (*Hordeum sativum* Lessin.). Субстратом для пророщування насіння тест-видів були ґрунт і відповідно до поставлених завдань – фільтрувальний папір. Повторність дослідів – три-восьмиразова. У дослідних варіантах використовували екстракти відповідних органів рослин певної концентрації, у контрольних – лише воду. Пророщування проводили при $t +18...+20$ °C. Підрахунок сходів у варіантах з культурними рослинами проводили через 7–10 діб, з бур'янами – через 10–20 діб.

Екстракти досліджених видів рослин забезпечували інгібування схожості насіння бур'янів у ґрунті на рівні 63,7–96,2 %. З видами, які найбільш інгібували схожість насіння, продовжували роботу.

Польові дослідження бур'янів і препаратів проводили згідно з загальноприйнятими методами (Методические ..., 1981; Доспехов, 1979).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перші дослідження впливу водних екстрактів із повітряно-сухої маси бур'янів на схожість насіння різних видів рослин проведено в модельних лабораторних дослідах. Тестування показало, що найбільше зниження схожості насіння (28,8–41,3 %), зокрема щириці звичайної і грициків звичайних, зафіксовано при застосуванні екстрактів з листків і суцвіть осоту рожевого, суцвіть суріпиці звичайної, стебел і листків рутки лікарської.

Але в результаті тестування їх рістінгібуючої активності в умовах ґрунту виявлено, що у більшості випадків інгібуючий ефект значно знизився. Суттєву рістінгібуючу активність на проростання насіння щириці звичайної, грициків звичайних, талабану польового, кучерявця Софії в умовах ґрунту мали тільки екстракти з листків і суцвіть осоту рожевого, суцвіть суріпиці звичайної, стебел і листків рутки лікарської.

З метою встановлення природи сполук, що відповідають за проявлення екстрактами із рослин-донорів рістінгібуючої активності, нами здійснено дослідження хімічного складу осоту і суріпиці. При цьому з рослин-донорів були отримані ізольовані класи сполук (поліфенольні сполуки, білки та вільні амінокислоти, моно- та олігосахариди, ліпорозчинні речовини). Тестування цих окремих класів хімічних

речовин дозволило зробити висновок, що рістінгібуючу активність мали тільки фракції, що містили суму фенольних сполук і ліпорозчинних речовин.

Тестування рістінгібуючої активності ліпідних фракцій рослин-донорів показало, що в початковій концентрації вони забезпечували повне інгібування проростання насіння щиріці. При розбавленні вихідних екстрактів у 8 разів спостерігалось різна ступінь проростання насіння. Зокрема, гліколіпіди забезпечували проростання 3,3 і 7,6 %, фосфоліпіди – 16,7 % щодо осоту рожевого і 10,2 % – щодо суріпиці звичайної. Під впливом нейтральних ліпідів схожість насіння щиріці була високою (84,3–91,2 %). При використанні промислового гербіциду аліроксу схожість насіння знижувалась до 2,4 %. Проведене дослідження дало можливість розпізнати хімічну природу ліпорозчинних речовин-носіїв рістінгібуючої активності та встановити шляхи виділення найбільш активних фракцій. Але практична відсутність розчинності цих речовин у воді ускладнює використання їх як складової частини в гербіцидних препаратах, які зручно вносити у ґрунт у водних розчинах. Тому у практичному відношенні більший інтерес становлять фенольні сполуки, які добре розчиняються у водних розчинах.

Слід зазначити, що досліджувані рослини-донори мали різноманітний склад фенольних сполук, серед яких певна кількість є досить рідкісними і раніше були виявлені лише в окремих видах рослин (сколімозид, цинарозид, астрагалінкумарат та ін.), що свідчить про унікальність хімічного складу рослин-донорів.

Співвідношення фенольних сполук у кожному виді рослин-донорів були різними. Проте в проявленні рістінгібуючої активності, очевидно, велику роль відіграють синергетичні ефекти, що зумовлені сполуками, які містяться навіть у порівняно невеликих кількостях. Фізико-хімічні дослідження фенольних сполук, відповідальних за прояв екстрактами осоту та суріпиці рістінгібуючих властивостей, дали можливість установити певний зв'язок між структурними особливостями цих сполук і рівнем їх рістінгібуючої активності. Установлення взаємозв'язку між структурними особливостями фенольних сполук та рівнем рістінгібуючих властивостей є теоретичною основою цілеспрямованого синтезу штучних аналогів природних інгібіторів росту бур'янів, які б мали високу активність, низьку токсичність та швидко і специфічно втілювались у ланцюг метаболічних процесів росту і легко інактувались без забруднення природних екосистем.

З метою розробки фіторегуляторів здійснювали дослідження дії сумішей екстрактів із різних органів рослин-донорів на проростання насіння різних видів бур'янів. Максимальне зниження схожості забезпечувала суміш листків осоту і суцвіть суріпиці у масовому співвідношенні компонентів 1 : 1 (схожість бур'янів коливалась на рівні 9,5–14,5 %). Екстракт вищезазначеної суміші рослинної сировини було запропоновано використовувати як фіторегулятор, який одержав назву фітобацин. Дослідження різних норм фітобацину в ґрунті показало, що він забезпечував значне інгібування схожості насіння бур'янів, особливо при застосуванні норми 950 г/га. Малі норми внесення стимулювали проростання бур'янів.

Визначено, що оптимальною нормою цього фіторегулятора для стимуляції схожості є 300 г/га. Ефект стимулювання проростання насіння бур'янів під впливом невисоких норм регулятора може мати суттєве практичне значення, наприклад використовуватися для провокування схожості бур'янів перед сівбою культурних рослин з наступним їх знищенням. На схожість пшениці фітобацин значно не впливав (зниження схожості становило в середньому 4,4 %), що свідчить про наявність видоспецифічної дії.

Крім того, запропоновано використовувати екстракт із суміші суцвіть суріпиці і суцвіть осоту (2 : 1) теж як новий фіторегулятор з назвою фітобацин-2, який при такому співвідношенні компонентів забезпечував інгібування на рівні 93,2–97,7 %.

Фіторегулятор, який було одержано на основі суміші надземних частин осоту і рутки лікарської у співвідношенні 1 : 1,5, дістав назву фітобафум.

Вивчення фіторегуляторів у посівах пшениці показало, що фітобацин забезпечував зниження забур'яненості на 20–48 %, фітобацин-2 – на 56–73 %, а фітобафум – на 62–82 %.

У посівах кукурудзи запропоновані композиції мали теж суттєву ефективність. Зокрема, фітобацин знижував забур'яненість залежно від виду бур'яну і року дослідження на 45–82 %, фітобацин-2 – на 65–85 %, а фітобафум – на 72–86 %. Урожайність зерна м'якої пшениці за три роки у варіанті з фітобацином перевищувала середню врожайність з контрольних ділянок на 3,2 ц/га, з фітобацином-2 – на 4,0 ц/га, а у варіанті з фітобафумом – на 4,6 ц/га. Апробація фіторегуляторів у посівах кукурудзи показала, що вони забезпечували підвищення врожайності зерна на 2,5–2,7 ц/га.

Для можливості ширшого застосування фіторегуляторів вивчали їх вплив на схожість насіння культурних рослин і основних видів бур'янів у ґрунті в лабораторних умовах. У результаті досліджень виявлено, що вони по-різному діють на схожість сільськогосподарських культур. Найбільш стійкими до дії фіторегуляторів виявились озима пшениця, озиме жито (*Secale cereale* L.), ярий ячмінь, овес (*Avena sativa* L.), кукурудза, просо (*Panicum miliaceum* L.), сорго (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.), соняшник (*Helianthus annuus* L.). Схожість їх насіння – 94,7–98,8 %. Схожість озимого ячменю знизилась до 75,0–80,3 %, гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench.) – 72,2–81,3 %, гороху (*Pisum sativum* L.) – 74,7–86,4 %, квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) – 70,0–75,0 %, буряків кормових (*Beta vulgaris* L. var. *crassa*) – 86,9–88,7 %, буряків цукрових (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera*) – 88,5–91,4 %. Значно знизилась схожість люцерни (*Medicago sativa* L.) – до 24,5–31,3 %, сої (*Glycine hispida* (Moench.) Maxim.) – 42,7–51,0 % і овочевих культур.

Розроблені фіторегулятори проходили апробацію на різних видах бур'янів, що дало можливість зробити висновок про їх суттєву рістінгібуючу активність проти щириці звичайної та щириці лободовидної (*Amaranthus blitoides* S. Watson.), кучерявця Софії, талабану польового, грициків звичайних, свербиги східної (*Bunias orientalis* L.), березки польової (*Convolvulus arvensis* L.), осоту рожевого (зменшення схожості насіння в 5–20 разів). При цьому фітобацин-2 і фітобафум діяли ефективніше, ніж фітобацин.

Має практичне значення синтетичне відтворення природної діючої речовини і розробка на її основі препарату для контролю чисельності бур'янів. Розроблена технологія синтетичного відтворення виділеної з осоту рожевого сполуки з суттєвою гербіцидною активністю.

Токсикологічні особливості фіторегуляторів. Вивчення токсикологічних властивостей алметиду (Інститут екогігієни і токсикології ім. Л. І. Медведя) показало, що він відноситься до 4-го класу небезпеки. ЛД₅₀ при пероральному надходженні в організм білих щурів (рис. 1), мишей та морських свинок становить більше 5000 мг/кг. Кумулятивні властивості препарату виражені слабо. Він не володіє сенсibilізуючими властивостями і не викликає подразнення слизових оболонок ока.

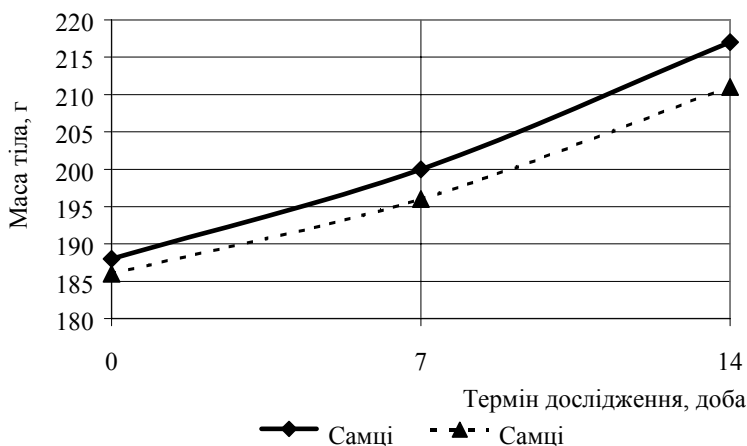


Рис. 1. Середня маса тіла білих щурів при гострій пероральній дії препарату алметид

Токсикологічними дослідженнями фіторегуляторів доведено, що хімічний склад контрольних і дослідних зразків кукурудзи і пшениці із застосуванням фітобацину практично не відрізнявся (табл. 1), а систематичне згодовування лабораторним тваринам зерна з ділянок, де вносився фітобацин, а також пшениці з 1%-вою добавкою препарату, показало відсутність істотної різниці в приростах ваги тварин у порівнянні з контролем. Те ж саме відмічено і при вивченні токсичності фітобафуму.

Таблиця 1

Вплив фітобацину на вміст білка і крохмалю та кормову цінність зерна кукурудзи і озимої пшениці

Раціон	Білок, %	Крохмаль, %	Приріст ваги лабораторних тварин, г
Кукурудза з контрольного варіанту	10,2±0,8	52,3±1,8	4,9±0,4
Кукурудза з дослідного варіанту	10,4±0,6	51,1±2,0	4,8±0,5
Озима пшениця з контрольного варіанту	11,7±0,9	54,7±1,4	39,5±3,9
Озима пшениця з дослідного варіанту	11,9±0,5	55,2±1,5	38,84±,6
Озима пшениця з контрольного варіанту + 1%-ва добавка фітобацину	11,9±0,7	55,0±1,7	37,3±4,9

Дослідження органів травлення тварин, що вживали препарат, показали відсутність їх враження.

Вивчення персистентності фіторегуляторів (рис. 2) показало, що вони практично повністю інактивуються в ґрунті через 25–30 діб, а синтетичний аналог природної сполуки алметид (рис. 3) – через 45 діб.

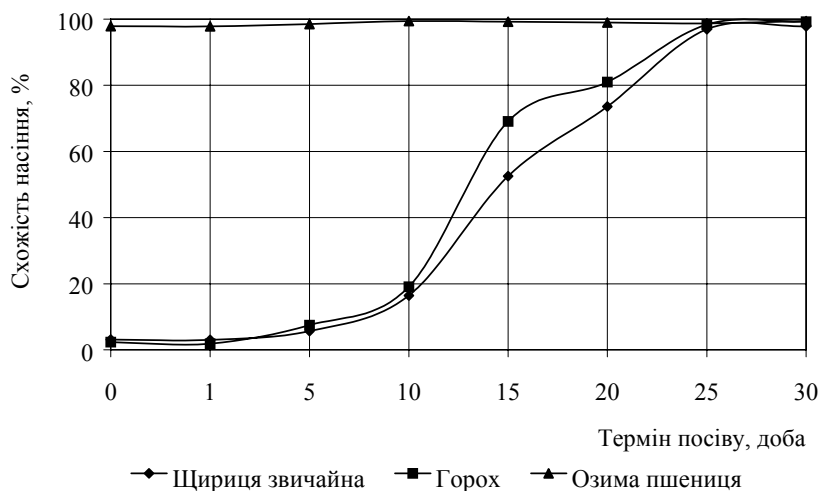


Рис. 2. Термін інактивації фітобафуму в ґрунті

Зниження температури повітря до $t + 8-10$ °C під час обробки сходів бур'янів алметидом суттєво не впливає на його ефективність. При застосуванні алметиду як ґрунтового препарату при $t + 12-13$ °C ефективність зберігається на рівні 79,9–95,4 % (при $t + 20-25$ °C – 84,1–95,9 %).

Композиції фізіологічно активних речовин при $t 2-13$ °C інгібують проростання насіння бур'янів на 78,2–87,5 % (при $t + 20-25$ °C – 79,0–95,1 %).

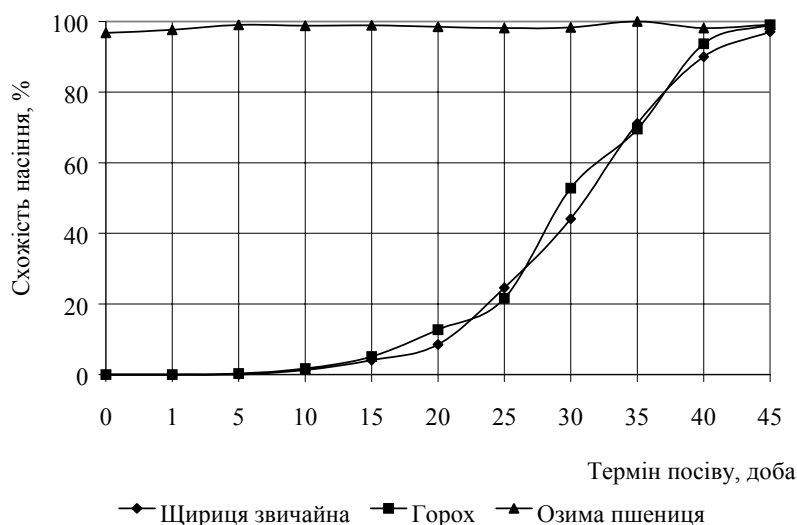


Рис. 3. Тривалість збереження біологічної активності алметиду в ґрунті

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що донорами сполук з гербіцидною дією серед більш ніж ста досліджених видів бур'янів є осот рожевий (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* R. Br.) і рутка лікарська (*Fumaria officinalis* L.).

2. Вивчення хімічного складу рослин-донорів з використанням сучасних фізико-хімічних методів (осоту рожевого і суріпиці звичайної) дало можливість виділити комплекс речовин ліпідної та фенольної природи з високою ристінгбуючою активністю.

3. Виявлено, що суміші фенольних речовин мали більш високу ристінгбуючу активність, ніж індивідуальні компоненти, що може свідчити про наявність синергетичного ефекту. Тому при розробці фіторегуляторів перевагу слід віддавати сумішам активних фенольних сполук.

4. Запропоновано технологію застосування регуляторів у польових умовах, яка забезпечує значну гербіцидну ефективність відносно дводольних бур'янів. Установлено, що в низьких концентраціях фіторегулятори стимулюють проростання насіння бур'янів.

5. Вивчення екологічної чистоти фіторегуляторів показало, що їх застосування в посівах з метою боротьби з бур'янами суттєво не впливає на кормову цінність зерна озимої пшениці і кукурудзи.

6. На основі синтетично відтвореної природної речовини розроблено препарат алметид, який за даними державних польових випробувань є ефективним у боротьбі з основними дводольними бур'янами в посівах озимої пшениці та ярого ячменю.

7. Вивчення токсичності фіторегуляторів показали незначний її рівень (ЛД₅₀ для білих щурів: 4842–5983 мг/кг). Дослідженнями токсикологічних властивостей алметиду встановлено, що він відноситься до 4-го класу небезпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. – К.: Наук. думка, 1965. – 199 с.
 Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
 Лунев М. И. Пестициды и охрана агрофитоценозов. – М.: Колос, 1992. – 269 с.

Методические указания по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве. – М.: ВИЗР, 1981. – 46 с.

Райс Э. Л. Аллелопатия. – М.: Мир, 1978. – 392 с.

Яблоков А. В. Об отрицательных последствиях применения пестицидов // Сельскохозяйственная биология. – 1988. – № 3. – С. 99–105.

Надійшла до редколегії 19.04.05