

УДК 581.132:632.954:633.15

## ВПЛИВ ЕЛІСИТОРУ ХІТОЗАНУ НА ФІТОТОКСИЧНІСТЬ СУМІШІ ГРАМІНІЦИДУ ФЕНОКСАПРОП-*p*-ЕТИЛУ З МЕТРИБУЗИНОМ

В.В. ТРАЧ, М.П. ПАЛАНІЦЯ, С.О. ГРИНЮК, Є.Ю. МОРДЕРЕР

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України  
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17  
e-mail: valentr2000@rambler.ru*

Досліджено вплив еліситуру хітозану на фітотоксичну дію суміші грамініциду феноксапроп-*p*-етилу з гербіцидом-прооксидантом метрибузином на різні за чутливістю до феноксапроп-*p*-етилу види рослин. Встановлено, що за додавання хітозану істотно підвищувалась фітотоксична дія суміші гербіцидів на чутливі до феноксапроп-*p*-етилу рослини вівса (модель однорічних злакових бур'янів) і не посилювалась пошкоджувальна дія гербіцидів на стійкі рослини озимої пшениці. Цим підтверджено принципову можливість підвищення вибіркової фітотоксичності феноксапроп-*p*-етилу у суміші з метрибузином за використання еліситорів.

*Ключові слова:* феноксапроп-*p*-етил, метрибузин, хітозан.

Грамініциди — гербіциди-інгібітори ацетил-КоА-карбоксилази, спектр дії яких поширюється виключно на злакові бур'яни. Обмеженість спектра дії потребує їх комплексування з гербіцидами, ефективними в боротьбі з дводольними видами бур'янів. Однак створення цих комплексів є серйозною проблемою, оскільки у сумішах з більшістю таких гербіцидів фітотоксична дія грамініцидів антагоністично зменшується [7, 10]. Винятком із правила є гербіцид метрибузин (МТЗ), здатний синергічно посилювати дію грамініцидів [1, 3]. Однак донедавна природа цього синергізму була нез'ясованою. Нашими дослідженнями встановлено, що розвиток фітотоксичної дії грамініцидів реалізується внаслідок утворення в меристемах злакових рослин активних форм кисню (АФК), які зумовлюють некротизацію меристем і подальшу загибель рослини [5]. Звідси випливає, що розвиток фітотоксичної дії грамініцидів залежить від стану проантиоксидантної рівноваги у рослинах. Ця залежність пояснює механізм синергічного впливу метрибузину, оскільки за механізмом дії він є інгібітором транспорту електронів (ІТЕ) у ФС II хлоропластів, а спектр його дії на відміну від інших гербіцидів із таким механізмом фітотоксичності крім дводольних поширюється і на злакові види бур'янів. Отже, як ІТЕ метрибузин здатний стимулювати у злакових бур'янах окиснювальні процеси, що сприяє розвитку фітотоксичної дії грамініцидів.

Питання щодо антагоністичних втрат фітотоксичності має особливе значення для грамініциду феноксапроп-*p*-етилу (ФЕ), який застосовують у посівах зернових колосових для контролювання однорічних злакових бур'янів, оскільки всі придатні гербіциди, ефективні проти дводольних видів бур'янів, більшою чи меншою мірою спричиняють антагоністичні

втрати фітотоксичності ФЕ. Ми довели, що фітотоксична дія ФЕ синергічно посилювалась у разі його застосування в суміші з метрибузином. Процес супроводжувався підвищенням вмісту продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) — ТБК-активних речовин, це підтверджувало висновок щодо ролі окиснювальних процесів у розвитку дії грамініцидів [2]. Отримані нами результати засвідчили принципову можливість використання гербіциду-прооксиданту МТЗ для посилення фітотоксичності дії грамініциду ФЕ при застосуванні суміші цих гербіцидів у посівах зернових колосових. Однак внаслідок чутливості пшениці до дії МТЗ норма внесення гербіциду в посівах цієї культури дуже обмежена. Водночас, хоча ефект синергізму в суміші ФЕ та МТЗ спостерігався у широкому діапазоні норм внесення МТЗ, за зменшення цієї норми до певного рівня характер взаємодії змінювався із синергічного на адитивний [2].

У зв'язку з цим постало питання щодо можливості посилення фітотоксичної дії грамініциду ФЕ та його суміші з МТЗ додаванням у суміш сполуки, яка не є фітотоксичною, але виявляє прооксидантну активність. Такою речовиною було обрано хітозан (ХТ). Підґрунтям для цього стало те, що ХТ як олігосахаридний продукт гідролізу хітину аналогічно  $\beta$ -1,3-поліглюканам клітинних стінок патогенів має еліситорні властивості. Відомо, що обробка рослин еліситами викликає так званий окиснювальний вибух — різке збільшення кількості активних форм кисню та азоту [4]. Вперше еліситорні властивості ХТ продемонстрував Хедвігер [12]. Наприклад, встановлено, що ХТ викликає в тканинах бульб картоплі системне утворення супероксиду — однієї з найбільш реакційноздатних форм активного кисню [6]. Отже, є всі підстави очікувати, що додавання ХТ може стимулювати розвиток фітотоксичної дії суміші ФЕ та МТЗ. Відомо також, що ХТ є добрим комплексоутворювачем і має властивості ад'юванту, що також може сприяти посиленню дії гербіцидів на чутливі види бур'янів. Крім того, показано, що внаслідок індукованого ХТ окиснювального стресу підвищується стійкість рослин до фітопатогенів [9, 11], це є ще одним вагомим додатковим аргументом на користь застосування ХТ у сумішах із гербіцидами в посівах зернових колосових.

Метою нашої роботи було вивчення впливу хітозану на фітотоксичну дію суміші ФЕ та МТЗ на різні за чутливістю види рослин.

### Методика

Ефект взаємодії гербіцидів у сумішах досліджували в умовах вегетаційних дослідів, в яких тест-об'єктами були рослини вівса сорту Чернігівський 28 як модель вівсюга (чутливий до дії грамініциду ФЕ однорічний злаковий бур'ян *Avena fatua* L.) та озима пшениця сорту Смуглянка (стійка до ФЕ культура). Рослини вирощували у пластикових посудинах у ґрунті (суміш ґрунту з піском у співвідношенні 3:1) на вегетаційному майданчику. В дослідженнях застосовували такі гербіцидні препарати: пума-супер, (ФЕ, 69 г/л + антидот (фенхлоразонетил)) та зенкор (МТЗ, 700 г/кг), а також еліситор хітозан. Рослини обробляли гербіцидами у фазу двох листків зануренням їх на 5 хв у робочий розчин гербіцидів з такою концентрацією діючих речовин: ФЕ —  $5 \cdot 10^{-4}$  М, МТЗ —  $3 \cdot 10^{-4}$  М, ХТ — 0,10 та 0,05 %. Контролем слугували рослини, оброблені водою.

Фітотоксичність гербіцидів визначали за показником інгібувальної дії (ІД) на наростання маси сирової речовини надземної частини рослин. Значення ІД у відсотках розраховували за формулою:

$$ІД = 100 - x \cdot 100/K,$$

де  $x$  — середня маса однієї рослини у варіанті з обробкою гербіцидами;  
 $K$  — середня маса однієї рослини в контролі.

Додатковим критерієм фітотоксичності був вміст у листках фотосинтетичних пігментів і продуктів реакцій ПОЛ — ТБК-активних речовин. Вміст фотосинтетичних пігментів визначали методом екстрагування наважки рослинного матеріалу в ДМСО на водяній бані за 67 °С протягом 3 год [13]. Вміст ТБК-активних продуктів визначали фотометрично за реакцією з тіобарбітуровою кислотою (ТБК) [8]. Результати оброблені статистично за допомогою стандартного комп'ютерного пакета Microsoft Excel.

### Результати та обговорення

ІД суміші ФЕ та МТЗ на рослини вівса на 8-му добу після обробки становила 50 %, тоді як додавання до цієї суміші ХТ концентрацією 0,05 % посилювало її до 61, а у варіанті з 0,10 % ХТ — до 83 % (табл. 1). Вміст

ТАБЛИЦЯ 1. Інгібувальний вплив суміші гербіцидів на рослини вівса сорту Чернігівський 28 та пшениці сорту Смуглянка на 8-му добу після обробки

Варіант	Інгібувальна дія, %	
	Овес	Пшениця
Контроль	0	0
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М)	50,0±2,5	28,0±1,1
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М) + ХТ (0,05 %)	61,0±3,0	30,0±1,2
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М) + ХТ (0,10 %)	83,0±4,2	30,0±1,1
ХТ (0,10 %)	0	0

ТАБЛИЦЯ 2. Вміст фотосинтетичних пігментів (мкг/мг сирової речовини) у листках вівса та пшениці на 6-ту добу після обробки гербіцидами

Варіант	мкг/мг сирової речовини ( $M \pm m$ )		
	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Каротиноїди
Овес			
Контроль	1,13±0,04	0,35±0,02	0,33±0,02
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М)	0,69±0,09	0,22±0,02	0,27±0,02
ХТ (0,10 %)	1,14±0,07	0,30±0,02	0,34±0,03
ФЕ + МТЗ + ХТ (0,10 %)	0,64±0,01	0,20±0,01	0,32±0,01
Пшениця			
Контроль	1,09±0,04	0,29±0,01	0,31±0,01
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М)	0,90±0,02	0,23±0,03	0,29±0,01
ХТ (0,10 %)	1,20±0,04	0,30±0,01	0,34±0,01
ФЕ + МТЗ + ХТ (0,10 %)	0,96±0,02	0,30±0,02	0,29±0,01



Посилення дії гербіцидів на рослини вівса за додавання еліситору хітозану:

1 – контроль; 2 – ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$  М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$  М); 3 – ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$  М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$  М) + ХТ (0,05 %); 4 – ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$  М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$  М) + ХТ (0,10 %)

хлорофілів *a* і *b* в листках вівса на 6-ту добу після обробки гербіцидами зменшувався порівняно з контролем відповідно на 39,0 і 37,1 % (табл. 2). За додавання до суміші гербіцидів ХТ вміст хлорофілів *a* і *b* знижувався відповідно на 43,4 і 42,9 %. Посилення фітотоксичної дії гербіцидів на рослини вівса в разі додавання ХТ ілюструє рисунок.

ІД суміші гербіцидів на рослини озимої пшениці на 8-му добу після обробки становила 28 %. За додавання ХТ до кінцевої концентрації 0,05 та 0,10 % дія гербіцидів практично не посилювалась (див. табл. 1). Вміст хлорофілів *a* і *b* в листках пшениці на 6-ту добу після обробки гербіцидами зменшувався порівняно з контролем відповідно на 17,4 і 20,7 %. За додавання ХТ до суміші гербіцидів вміст хлорофілу *a* знижувався лише на 5,4 %, а вміст хлорофілу *b* підвищувався до рівня контролю (див. табл. 2), що свідчить про поліпшення стану рослин.

Результати визначення вмісту продуктів ПОЛ – ТБК-активних речовин (табл. 3) узгоджуються з нашою гіпотезою щодо зв'язку між впливом ХТ на фітотоксичну дію гербіцидів та його прооксидантною активністю. За обробки рослин вівса і пшениці сумішшю ФЕ та МТЗ вміст ТБК-активних речовин збільшувався порівняно з контролем відповідно на 118,8 і 7,4 %. У разі обробки рослин вівса і пшениці ФЕ та МТЗ із

ТАБЛИЦЯ 3. Вміст ТБК-активних речовин (мкг/г сухої речовини) у листках вівса (модель злакових бур'янів) та пшениці

Варіант	мкг/г сухої речовини ( $M \pm m$ )	
	Овес	Пшениця
Контроль	3,19±0,23	9,96±0,5
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М)	6,98±0,41	10,7±0,3
ХТ (0,10 %)	7,4±0,54	7,22±0,26
ФЕ ( $5 \cdot 10^{-4}$ М) + МТЗ ( $3 \cdot 10^{-4}$ М) + ХТ (0,10 %)	10,8±0,42	12,4±0,58

додаванням 0,1 % хітозану вміст ТБК-активних речовин зростає відповідно на 238,6 і 24,5 %, що супроводжувалось значним посиленням фітотоксичної дії суміші ФЕ та МТЗ на рослини вівса і практично не впливало на фітотоксичну дію гербіцидів щодо рослин пшениці.

Отже, додавання ХТ посилювало дію суміші ФЕ та МТЗ на чутливий вид рослин та не діяло істотно на стійку культуру.

Отримані дані підтвердили принципову можливість підвищення фітотоксичності суміші ФЕ та МТЗ у разі її застосування з еліситором хітозаном на чутливі види рослин.

1. *Мордерер Е.Ю.* Коррекция избирательной фитотоксичности гербицидов в тройных комплексах // Физиология и биохимия культ. растений. — 1998. — **30**, № 3. — С. 181—186.
2. *Мордерер Е.Ю., Трач В.В., Паланиця М.П.* Синергічне підвищення фітотоксичної дії грамініциду феноксапроп-*p*-етила у сумішах з метрибузином // Физиология растений: проблеми та перспективи розвитку. Матеріали з'їзду Т-ва фізіологів рослин. — К., 2009. — Т. 2. — С. 46—50.
3. *Мордерер Е.Ю., Ходеева Л.В.* Физиологическая оценка эффекта взаимодействия в комплексах флуазифопбутила с некоторыми гербицидами // Физиология и биохимия культ. растений. — 1996. — **28**, № 6. — С. 359—365.
4. *Озерецковская О.Л., Васюкова Н.И., Зиновьева С.В.* Хитозан как элиситор индуцированной устойчивости растений // Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. — М.: Наука, 2002. — С. 339—345.
5. *Паланиця М.П., Трач В.В., Мордерер Е.Ю.* Генерування активних форм кисню за дії грамініцидів і модифікаторів їх активності // Физиология и биохимия культ. растений. — 2009. — **41**, № 4. — С. 328—334.
6. *Переход Е.А., Чаленко Г.И., Озерецковская О.Л. и др.* Иммунорегулирующая роль хитозанов у растений (на примере взаимоотношений картофеля и возбудителя фитофтороза) // Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана. — М.: ВНИРО, 1999. — С. 96—97.
7. *Baerg R.J., Gronwald J.W., Eberlin C.V., Stucker R.E.* Antagonism of diclofop control of wild oat (*Avena fatua*) by tribenuron // Weed Sci. — 1996. — **44**, N 3. — P. 461—468.
8. *Bieri J., Anderson A.* Peroxidation of lipids in tissue homogenates as related to vitamin E // Arch. Biochem. Biophys. — 1960. — **1**, N 1. — P. 105—110.
9. *Bohland C., Balkenhohl T., Grambow H.J.* Differential induction of lipoxygenase isoforms in wheat upon treatment with rust fungus elicitor, chitin oligosaccharides, chitosan, and methyl jasmonate // Plant Physiol. — 1997. — **114**, N 2. — P. 679—685.
10. *Culpepper S., York A.* Influence of bromoxynil on annual grass control by graminicides // Weed Sci. — 1999. — **47**, N 1. — P. 123—128.
11. *Doares S.H., Syrovets T., Ryan C.A.* Oligogalacturonides and chitosan activate plant defensive genes through the octadecanoid pathway // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. — 1995. — **92**, N 10. — P. 4095—4098.
12. *Hadwiger L.A., Frinstensky B., Riggleman R.C.* Chitin, chitosan and related enzymes. — N.Y.: Plenum Press, 1984. — P. 291—298.
13. *Wellburn A.R.* The spectral determination of chlorophyll *a* and *b* as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. Plant Physiol. — 1994. — **144**, N 3. — P. 307—313.

Отримано 29.06.2010

#### ВЛИЯНИЕ ЭЛИСИТОРА ХИТОЗАНА НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ СМЕСИ ГРАМИНИЦИДА ФЕНОКСАПРОП-*p*-ЭТИЛА С МЕТРИБУЗИНОМ

*В.В. Трач, М.П. Паланиця, С.А. Гринюк, Е.Ю. Мордерер*

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Исследовано влияние элиситора хитозана на фитотоксическое действие смеси граминицида феноксапроп-*p*-етила с гербицидом-прооксидантом метрибузином на разные по чувствительности к феноксапроп-*p*-этилу виды растений. Установлено, что при добавлении хитозана существенно повышалось фитотоксическое действие смеси гербицидов на чувств-

вительные к феноксапроп-*p*-этилу растения овса (модель однолетних злаковых сорняков) и не усиливалось повреждающее действие гербицидов на стойкие растения озимой пшеницы. Этим подтверждена принципиальная возможность повышения избирательной фитотоксичности феноксапроп-*p*-этила в смеси с метрибузином при использовании элиситоров.

EFFECT OF AN ELICITOR CHITOSAN ON PHYTOTOXICITY OF THE MIXTURE OF GRAMINICIDE FENOXAPROP-*p*-ETHYL WITH METRIBUZIN

*V.V. Trach, M.P. Palanytsya, S.O. Grynyuk, E.Yu. Morderer*

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

The effect of an elicitor chitosan on the phytotoxicity of the mixture of graminicide fenoxaprop-*p*-ethyl with a prooxidative herbicide metribuzin on plant species of different sensitivity was studied. It was found that chitosan has significantly increased the phytotoxic effects of herbicide mixture on sensitive to fenoxaprop-*p*-ethyl oat plants (model of annual cereal weed) but had no effect on impact on tolerant plants of winter wheat. These suggested fundamental possibility of phytotoxicity enhancement of selective mixture fenoxaprop-*p*-ethyl with metribuzin by using elicitor.

*Key words:* fenoxaprop-*p*-ethyl, metribuzin, chitosan.