

УДК 504.064.3:633.11:632.95
© 2014

Л.І. СОЛОМЕНКО,
кандидат біологічних наук

В.Л. ДРАЧЕНКО,
студент

Національний університет
біоресурсів і природокористування
України, м. Київ
E-mail: sollud@i.ua

ПОШУК КРИТЕРІЇВ
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ

Для визначення зв'язку змін метаболізму рослин пшениці з транслокацією фосфорорганічних пестицидів на прикладі інсектициду Бі-58 та фунгіциду Дерозал використано системи показників на молекулярному (фізіологічні процеси) та онтогенетичному (толерантність рослинних організмів на певних стадіях онтогенезу) рівнях організації життя. Для виявлення екологічно небезпечних концентрацій ксенобіотиків запропоновано вивчити динаміку вмісту хлорофілу в зеленій масі рослинних організмів під впливом фосфорорганічних пестицидів. Встановлено, що доцільність застосування пестицидів необхідно визначати не лише їх захисними функціями проти шкідників та хвороб, але й можливим впливом на якість отриманої продукції та агрофітоценоз у цілому.

Ключові слова: ксенобіотики, фосфорорганічні пестициди, екологічно небезпечні концентрації, фітотоксичність, хлорофіл.

Оптимальне використання пестицидів, як показують дані наукових установ, дозволяє досягнути ліквідності втрат продукції в середньому на рівні 80 % (від шкідників – 85, від хвороб рослин – 70 і від бур'янів – 75 %) [11]. Але часто наслідком нераціонального використання захисту рослин при веденні сільськогосподарського виробництва можемо спостерігати інтенсивне забруднення природного середовища.

Взаємодія пестицидів з навколишнім середовищем проявляється у формі процесів розподілення, накопичення (аккумуляції), перетворення (трансформації, метаболізму), деградації (деструкції, мінералізації) і міграції сполук. Їх залишки чи продукти метаболізму можуть накопичуватися в різних об'єктах. В умовах наземного середовища хімічні речовини в решті-решт потрапляють у ґрунт, який є основним депо пестицидів наземних екосистем [2].

Частина пестицидів сорбується ґрунтового комплексом, зв'язується з органічною речовиною, перерозподіляється по профілю, трансформується і мінералізується під дією ґрунтової мікрофлори і т.д. [11]. Певна частина поглинається рослинністю, а решта виноситься поверхневим та ґрунтовим стоком, що обумовлює їх надходження у водні джерела, а потім і у донні відклади.

Міграція токсичних речовин в екологічних системах по трофічних ланцюгах призводить до накопичення залишкових кількостей пестицидів у більшості природних об'єктів і в організмі людини [6]. Виходячи з аналізу літературних джерел, до показників безпеки засобів хімічного захисту рослин можна віднести екологічну безпеку пестицидів, яка інтегрує такі поняття, як екоотоксичність, фітотоксичність та поведінка в навколишньому середовищі.

Проведенню комплексних екологічних досліджень передують пошук найбільш інформативних і достовірних критеріїв та розробка системи показників, які б найоб'єктивніше відображали зміни екологічного стану ґрунту.

Потрапляючи в екосистему, пестициди, як і інші штучно синтезовані хімічні речовини, втручаються в природний кругообіг речовин. На прикладі фосфорорганічних інсектицидів виявлено [9], що для кожного виду рослин існує критична концентрація певного препарату. У разі ж перевищення допустимого критичного рівня у ґрунті, пестициди набувають фітотоксичних властивостей. Впливаючи на фізико-хімічні властивості протоплазми, на клітинний обмін речовин, на ріст і розвиток рослин, пестициди негативно впливають на якість біопродукції. Сьогодні для оцінки негатив-

ного впливу токсичних речовин на агрофітоценози широко використовуються методи біотестування, тобто використовуються тест-об'єкти, які реагують на зміни середовища під впливом тих чи інших факторів [5, 7].

Метою нашої роботи стало виявлення закономірностей впливу фосфорорганічних пестицидів (на прикладі Бі-58 та Дерозалу) на метаболізм рослин у ланцюгу взаємовідносин “пестицид–рослина”, за реакцією яких можна було б визначити небезпечні для фітоценозу концентрації ксенобіотиків.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом наших досліджень стало визначення змін у рослинних організмах під впливом фосфорорганічних пестицидів на організменному та екофізіологічному рівнях: вплив різних концентрацій досліджуваних пестицидів на вміст хлорофілу у ве-

1. Вплив фосфорорганічних пестицидів на вміст хлорофілу в рослинах пшениці озимої на різних стадіях її розвитку, %*

Варіант	Вихід у трубку	Колосіння		
		цвітіння	молочна стиглість	
Контроль	$69,2 \pm 0,025$	$93,5 \pm 0,015$	$56,1 \pm 0,015$	
	$57,7 \pm 0,020$	$62,8 \pm 0,015$	$34,2 \pm 0,011$	
Бі-58: 0,5	$46,5 \pm 0,064$	$97,7 \pm 0,015$	$60,6 \pm 0,010$	
	$69,4 \pm 0,017$	$68,6 \pm 0,017$	$39,8 \pm 0,010$	
	$23,2 \pm 0,026$	$96,5 \pm 0,015$	$56,3 \pm 0,010$	
	$57,2 \pm 0,015$	$74,6 \pm 0,010$	$37,6 \pm 0,010$	
	1,0	$23,3 \pm 0,015$	$95,7 \pm 0,015$	$35,7 \pm 0,010$
	$55,6 \pm 0,025$	$70,2 \pm 0,015$	$23,5 \pm 0,010$	
Дерозал: 0,5	$27,6 \pm 0,015$	$92,3 \pm 0,010$	$42,8 \pm 0,010$	
	$54,8 \pm 0,010$	$58,9 \pm 0,010$	$26,1 \pm 0,011$	
	1,0	$29,5 \pm 0,011$	$95,4 \pm 0,017$	$46,2 \pm 0,015$
	$56,5 \pm 0,010$	$66,7 \pm 0,017$	$31,7 \pm 0,011$	
	2,0	$15,6 \pm 0,015$	$95,2 \pm 0,010$	$40,2 \pm 0,008$
	$43,4 \pm 0,015$	$67,3 \pm 0,010$	$29,0 \pm 0,029$	
Бі-58+Дерозал: 0,5	$34,9 \pm 0,015$	$96,8 \pm 0,025$	$66,2 \pm 0,010$	
	$64,5 \pm 0,014$	$72,3 \pm 0,015$	$43,5 \pm 0,015$	
	1,0	$21,1 \pm 0,017$	$93,4 \pm 0,010$	$60,9 \pm 0,010$
	$54,1 \pm 0,015$	$65,8 \pm 0,010$	$38,1 \pm 0,008$	
	2,0	$18,7 \pm 0,031$	$92,5 \pm 0,015$	$43,1 \pm 0,010$
	$50,5 \pm 0,015$	$60,5 \pm 0,010$	$26,4 \pm 0,010$	

* Чисельник – хлорофіл *a*, знаменник – хлорофіл *b*.

2. Вплив фосфорорганічних пестицидів на урожайність і якість зерна пшениці озимої Поліська 90

Варіант	Урожайність, ц/га	Маса 1000 зерен, г	Скловидність, %
Контроль	33,0 ± 0,020	40,2 ± 0,032	55,0 ± 0,087
Бі-58: 0,5	35,0 ± 0,015	41,40 ± 0,070	53,0 ± 0,047
1,0	38,0 ± 0,020	41,20 ± 0,010	40,0 ± 0,025
2,0	39,0 ± 0,015	39,60 ± 0,011	35,0 ± 0,062
Дерозал: 0,5	34,0 ± 0,025	39,20 ± 0,030	30,0 ± 0,037
1,0	33,0 ± 0,032	38,90 ± 0,055	45,0 ± 0,056
2,0	33,0 ± 0,020	38,80 ± 0,010	30,0 ± 0,020
Бі-58+Дерозал: 0,5	36,0 ± 0,015	42,60 ± 0,036	50,0 ± 0,020
1,0	36,0 ± 0,025	42,20 ± 0,010	30,0 ± 0,015
2,0	36,0 ± 0,037	39,40 ± 0,015	25,0 ± 0,015

гетативній масі рослин пшениці озимої [8].

Предметом досліджень став агрофітоценоз: ґрунт – чорнозем типовий легкосуглинковий, пшениця озима сорту Поліська 90 та фосфорорганічні пестициди: малотоксичний системної дії фунгіцид Дерозал (д. р. карбендазим) та середньотоксичний контактної дії інсектицид Бі-58 (д. р. диметоат).

Польовий дослід закладено за загальноприйнятою методикою Юдіна [12] та ДСТУ ISO 15903:2002 [4]. Відбір зразків рослин, їх підготовку проводили згідно з ДСТУ 3355-96 [3]. Визначення фізіологічних показників рослин здійснювали методом спектрофотометричного аналізу [10]. Якість зерна встановлювали за методами визначення маси 1000 зерен і скловидності зерна відповідно до ГОСТ 10842-89 та ГОСТ 10987-76 [1, 2].

Результати дослідів обробляли статистично за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Суть нашої роботи полягала у виявленні впливу фосфорорганічних пестицидів на рослини пшениці ще на ранніх етапах її розвитку і як це відображається на кінцевому результаті – врожаї.

У процесі досліджень впливу фосфорорганічних пестицидів на рослини пшениці в польових умовах, на відміну від лабораторних [12], чіткої закономірності змін морфологічних показників розвитку рослинних організмів під дією досліджуваних препаратів нами не виявлено. Можливо, це пояснюється

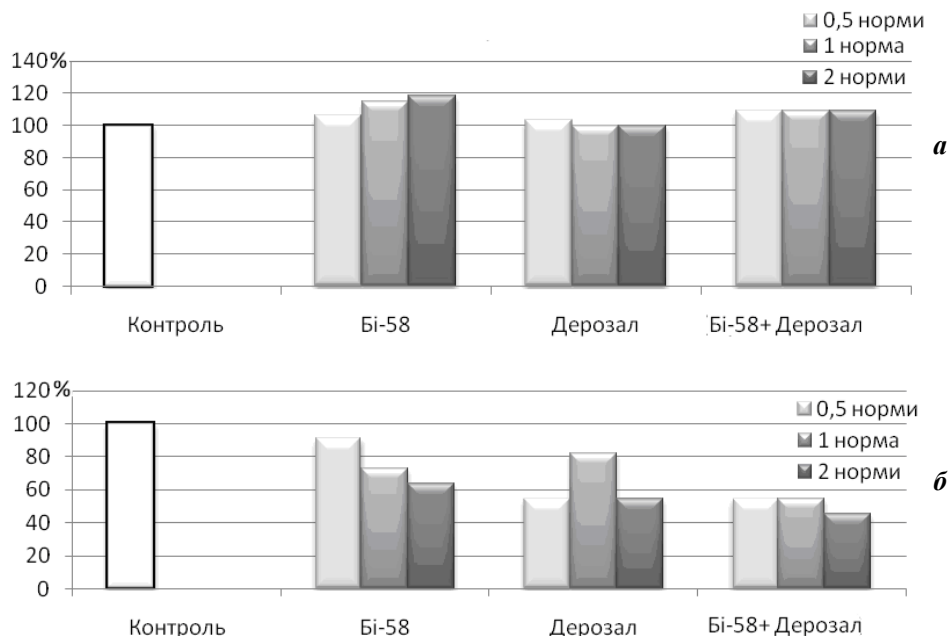
тим, що в природних умовах сильніше проявляється закон взаємодії факторів, і саме це стало причиною зміни чутливості рослин до пестицидів.

Проте виявлені нами в лабораторних умовах закономірності впливу Бі-58 та Дерозалу на рослини пшениці озимої в польових умовах підтверджуються на фізіологічному рівні (табл. 1).

У стадію молочної стиглості рослин під дією подвійної норми Бі-58 (диметоат) спостерігали різке зниження вмісту хлорофілу *a* і *b*. Зростання концентрації хлорофілу відбувається у варіантах, де застосування цього препарату не перевищує однієї норми, що підтверджує наші попередні результати, отримані під час проведення вегетаційного дослідів.

Більш швидкою виявилася реакція рослин на фізіологічному рівні до фунгіциду Дерозал. Відразу після надходження препарату в рослину (вихід у трубку) реєстрували різке зниження концентрації хлорофілу, що знаходилося в прямій залежності від норми внесення. Особливо це позначилося на показниках концентрації хлорофілу *a*. Необхідно відзначити, що таку саму тенденцію фіксували на всіх варіантах застосування пестицидів, причому максимальне зниження хлорофілу *a* відбувалося при внесенні подвійної норми суміші препаратів (на 50,5 % порівняно з контролем).

Отже, на початкових етапах надходження досліджуваних фосфорорганічних пре-



Вплив різних норм внесення пестицидів:

а – на врожайність пшениці озимої;

б – її скловидність

паратів Бі-58 та Дерозалу до рослин пшениці озимої (стадія вихід у трубку) більш чутливим виявився хлорофіл *a*. Наприкінці вегетативного розвитку рослин (молочна стиглість) спостерігалось більш суттєве зниження вмісту хлорофілу *b* під дією подвійної норми Бі-58 та суміші препаратів, а Дерозалу – за половинної норми його застосування. Однак протягом всієї вегетації рослин пшениці озимої нами не виявлено чіткої прямої залежності між нормою застосування досліджуваних препаратів і вмістом хлорофілу.

Кінцевим результатом впливу досліджуваних пестицидів на рослини пшениці озимої був отриманий урожай цієї культури (табл. 2).

Підтвердженням встановленої ще на ранніх стадіях онтогенезу рослин невизначеної закономірності між нормою внесення препаратів і кількісними показниками стали результати врожайності пшениці озимої (рисунок, *a*).

Можливо, це пояснюється тим, що для рослин існує певна “точка чутливості” до кожного препарату [4], тобто такі критичні концентрації діючої речовини в рослинному організмі, перевищуючи які препарати набувають властивостей ксенобіотиків. Саме тому, очевидно, різні точки чутливості рослинних організмів до дії досліджуваних препаратів і визначили процеси трансформації і транслокації їх діючої речовини, що більше вплинуло на якісні показники отриманого врожаю.

Нами не виявлено прямої залежності величини отриманого врожаю і норми внесення препаратів, проте якість отриманого зерна залежить від токсичності пестицидів та норми їх застосування.

Як бачимо (рисунок, *б*), спостерігається зниження відсотку скловидності зерен у всіх варіантах дослідження, порівняно з контролем, що свідчить про зниження вмісту білкових речовин у зерні і, як наслідок, погіршення його харчової якості.

Висновки

1. Помічено чітко зниження вмісту хлорофілу в зеленій масі рослин пшениці вже на початку внесення фосфорорганічних препаратів і якості насіння, отриманого в кінці онтогенезу (зменшення відсотка скловидності зерен в усіх варіантах дослідження порівняно з контролем).

2. На початкових етапах надходження препарату в рослини більш чутливим є хлорофіл а, причому максимальний вплив простежується внаслідок дії подвійної норми суміші препаратів (зниження на 50,5 % до контролю).

3. Виявлені в лабораторних умовах закономірності впливу досліджуваних фосфорорганічних пестицидів на організменному рівні рослин пшениці (морфологічні показники) не завжди повторюються в польових умовах, що можна пояснити проявом закону взаємодії екологічних факторів у природно-умовній середовищі.

4. Існує пряма залежність між токсичністю препарату і ступенем його впливу на метаболічні процеси рослинних організмів, яка особливо чітко проявляється на початкових стадіях їхнього розвитку.

Бібліографія

- ГОСТ 10842-89. Методы определения качества зерновых и зернобобовых культур: Зерно. Методы определения массы 1000 зерен // Зерновые, зернобобовые и масличные культуры. М., 1990. – Ч. 2. – С. 7–9.
- ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности // Зерно. Методы анализа: сб. ГОСТов. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 56 с.
- ДСТУ 3355-96. Продукція сільськогосподарська рослинна. Методи відбору проб у процесі карантинного огляду та експертизи [Текст]. – Введ. з 1997-07-01. – [Б. м. : б. и.]. – 31 с.
- ДСТУ ISO 15903:2002. Якість ґрунту. Форма запису інформації щодо ґрунту й ділянки. К.: Держспоживстандарт України, 2006. – IV. – 4 с. – (Національний стандарт України).
- Мониторинг пестицидов и экотоксикологические критерии их применения в агроэкосистемах / В.М. Кавецкий, Н.А. Макаренко, Л.В. Кицно, Л.И. Бублик // Агроэкология і біотехнологія. – К.: Аграрна наука, 1996. – С. 34–46.
- Малкина-Пых И.Г. О возможном подходе к оценке самоочищающей способности экосистем от пестицидов / И.Г. Малкина-Пых // Агрехимия. – 1995. – № 9. – С.115–119.
- Писаренко В.Н. Защита растений: фитосанитарный мониторинг, методы защиты растений, интегрированная защита растений. / В.Н. Писаренко, П.В. Писаренко. – Полтава, 2007. – С. 53–70.
- Соломенко Л.І. Пошук екофізіологічних показників для виявлення негативного впливу токсичних речовин на агрофітоценози. [Електронний ресурс] / Л.І. Соломенко, А.О. Тертична // Наукові доповіді НУБіП. – 2011. – 2(24). – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_2/11sli.pdf.
- Соломенко Л.І. Метаболічний контроль рослинними організмами екологічно небезпечних концентрацій ксенобіотиків (на прикладі фосфорорганічних інсектицидів) / Л.І. Соломенко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип. 95. – С. 53–59.
- Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений / [Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др.]. – [3-изд., перераб. и доп.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.74–93.
- О структуре и задачах экологического мониторинга / [Л.М. Филиппова, Г.Э. Инсаров, Ф.Н. Семенский и др.] // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л., 1978. – Т.І. – С. 46–51.
- Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. / Ф.А. Юдин. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Колос, 1980. – С. 15–24; 177–184.

Рецензент – доктор біологічних наук, професор **О.В. Жуков**