

Л.І. БУБЛИК, доктор сільськогосподарських наук, професор
О.В. БАЛЮХ, науковий співробітник
Інститут захисту рослин НААН

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ ФУНГІЦИДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ ЛЮПИНУ ТА СОЇ

Визначено показники детоксикації фунгіцидів в об'єктах агроценозів люпину і сої (константи швидкості детоксикації, час напіврозпаду та повного розпаду) та ступінь небезпеки їх застосування в Лісостепу України. За інтегральною класифікацією досліджувані фунгіциди відносяться до помірно небезпечних сполук.

люпин, соя, хвороби, фунгіциди, швидкість детоксикації, ступінь небезпеки

Важливим резервом забезпечення високих врожаїв зернобобових культур і підвищення якості насіння є ефективний захист від хвороб. В сучасних інтегрованих системах захисту рослин, які забезпечують контроль шкідливих організмів у межах економічного порогу шкідливості, невід'ємною складовою залишається хімічний захід. Використання пестицидів, зокрема фунгіцидів, розглядається як метод управління якістю агроєкосистеми, що враховує економічну доцільність та екологічну безпеку. Одним з способів підвищення безпечності хімічного методу є удосконалення асортименту фунгіцидів за рахунок селективних високоефективних сполук з мінімальним негативним впливом на теплокровних і навколишнє середовище. При використанні хімічних засобів захисту рослин важливо заздалегідь оцінити рівень потенційної небезпеки запланованої системи хімічного захисту для людини і навколишнього середовища [1-3, 6-10].

Мета досліджень полягала в розробці критеріїв оцінки екотоксикологічної небезпечності застосування фунгіцидів для захисту посівів люпину та сої.

Методика досліджень. Лабораторні дослідження провадили у 2008—2010 рр. в лабораторії аналітичної хімії пестицидів. Польові — на дослідних полях ННЦ “Інститут землеробства НААН” (Київська область, Києво-Святошинський район, с.м.т. Чабани) за загальноприйнятими методиками. Площа ділянки — 10 м², повторність — чотирикратна. Вирощували люпин жовтий сорту Обрій та сою сорту

Устя. Залишки фунгіцидів в об'єктах агроценозу протягом вегетаційного періоду визначали хроматографічними методами. Небезпечність застосування пестицидів оцінювали за ступенем небезпечності згідно з семибальною шкалою інтегральної класифікації [5]. Оцінку достовірності даних виконували методом варіаційної статистики.

Об'єктами досліджень були фунгіциди з класів: бензімідазоли (беноміл), триазоли (тебуконазол, ципроконазол, триадименол), стробілурини (крезоксим-метил, азоксистробін), морфоліни (спіроксамін), дитіани (дитіанон), які застосовували окремо (препарати Фолікур 250 EW, Фундазол, Дитіанон, Стробі) і в комбінаціях (Амістар Екстра 280 SC, Фалькон 460 EC) [4].

Результати досліджень. Екотоксична дія фунгіцидів в агроценозах зернобобових культур залежить від ряду факторів, основними з яких є властивості сполук, які зумовлені їх молекулярною будовою і можуть характеризуватися за полярністю. Досліджувані фунгіциди (табл. 1) відносяться до малополярних сполук з величиною дипольних моментів (μ) від 2 до 6 Дебай (Д). У рослинах люпину та сої швидкість їх детоксикації становить 0,14—0,23 частин за добу, періоди напіврозпаду та повного розпаду 3,0—5,0 та 13,0—22,0 діб, відповідно. В ґрунті ці процеси проходять в 1,2—1,5 рази повільніше: константа швидкості розпаду становить 0,11—0,20 частин за добу, період напіврозпаду — 3,5—6,3 діб. Більш полярні сполуки, як правило, розпадаються швидше.

На основі експериментальних даних встановлено, що константа швидкості детоксикації (k) корелює з полярністю сполук (μ) за рівнянням:

$$k = a + b\mu,$$

де a — коефіцієнт кореляції, що залежить від ґрунтово-кліматичних умов;

b — характеризує спорідненість пестициду з середовищем — рослиною, ґрунтом.

Рівняння має вигляд:

$$\text{для рослин люпину} \quad k_{\text{роз}} = 0,11 + 0,016\mu \quad (r=0,86), \quad R^2=0,74;$$

$$\text{сої} \quad k_{\text{роз}} = 0,11 + 0,012\mu \quad (r=0,84), \quad R^2=0,69;$$

$$\text{для ґрунту} \quad k_{\text{роз}} = 0,07 + 0,015\mu \quad (r=0,81), \quad R^2=0,65.$$

Для усіх об'єктів кореляція між k та μ оцінюється як сильна — коефіцієнт кореляції r набуває значень від 0,81 до 0,86 (при $P=0,05$). Встановлено, що в рослинах та ґрунті швидкість детоксикації фунгіцидів залежить від їх фізико-хімічних властивостей на 65—74% (коефіцієнт детермінації $R^2=0,65—0,74$).

Детоксикація фунгіцидів розглядається як процес зменшення їх токсичного потенціалу (вмісту) в агроценозах впродовж вегетаційного

1. Показники швидкості детоксикації фунгіцидів в рослинах люпину, сої та ґрунті (Ліостеп, НДІ «Чабани», 2008—2010 рр.)

Діюча речовина	$\mu\pm 0,05$ Д	Соя			Люпин			Ґрунт		
		$k\pm 0,02$ дб ⁻¹	$T_{50}\pm 0,5$ дб	$T_{95}\pm 2,5$ дб	$k\pm 0,02$ дб ⁻¹	$T_{50}\pm 0,5$ дб	$T_{95}\pm 2,5$ дб	$k\pm 0,02$ дб ⁻¹	$T_{50}\pm 0,5$ дб	$T_{95}\pm 2,5$ дб
		Беноміл	0,23	3,0	13,0	0,22	3,2	13,6	0,20	3,5
Триадименол	0,16	4,3	18,7	0,15	4,6	20,0	0,12	5,8	25,0	
Крезоксим-метил	0,14	5,0	21,4	0,14	5,0	21,4	0,13	5,3	23,0	
Дитіанон	0,17	4,1	17,7	0,17	4,1	17,7	0,11	6,3	27,0	
Тebuконазол	0,16	4,3	18,7	0,18	3,9	16,8	0,13	5,3	23,0	
Ципроконазол	0,17	4,1	17,6	0,18	3,9	16,6	0,14	5,0	21,4	
Азоксистробін	0,18	3,9	16,6	0,19	3,6	15,7	0,14	5,0	21,4	
Спіроксамін	0,18	3,9	16,6	0,23	3,0	13,0	0,17	4,1	17,6	
Карбендазім	0,18	3,9	16,6	0,17	4,1	17,6	0,15	4,6	20,0	

періоду під впливом абіотичних, біотичних та антропоічних факторів, який відбувається за експоненційною моделлю: $C_t = C_0 e^{-kt}$, де C_0 — початкова концентрація та C_t — концентрація в певний момент часу t , мг/кг, k — константа швидкості детоксикацій, діб⁻¹. Знаючи величину дипольного моменту фунгіцидів, за наведеними рівняннями можна розрахувати константу швидкості їх розпаду. Ці показники дають змогу оцінити інтенсивність процесу детоксикації сполук в рослинах та ґрунті, а за експоненційною моделлю визначати їх вміст в будь-який момент часу, розрахувати періоди їх напіврозпаду (T_{50}) та повного розпаду (T_{95}).

Таким чином, величина дипольного моменту та константа швидкості детоксикації фунгіцидів в рослинах люпину, сої та ґрунті можуть бути використані для їх первинного скринінгу.

На основі показників токсиколого-гігієнічної класифікації (категорія А), які переважно характеризують небезпеку пестициду для людини за безпосередньою токсичною дією, встановлюються гігієнічні нормативи: максимально допустимий рівень (МДР, мг/кг) в урожаї, продуктах харчування; гранично допустима концентрація (ГДК, мг/кг, мг/л, мг/м³) в ґрунті, воді та повітрі; строки очікування до збору урожаю та ін. Встановлюється також допустима добова доза (ДДД, мг/кг), тобто така, надходження якої в організм людини протягом усього життя не викликає негативних відхилень у стані здоров'я. За цією класифікацією пестициди розподілено на 4 класи за токсичністю (K_A): надзвичайно-, високо-, помірно- та малонебезпечні. Фунгіциди, що досліджувались, відносяться переважно до малонебезпечних сполук з ЛД₅₀ 1160—5000 мг/кг (табл. 2). Проте, ця класифікація недостатньо відображає небезпеку хімічних сполук як забруднювачів наземних та водних екосистем.

Екотоксикологічні показники враховують пріоритетне значення властивостей, що зумовлюють негативний вплив на екосистему в цілому. Класифікація базується на властивостях пестицидів за показниками, які характеризують їх дію на біоту. Основним кількісним критерієм рівня небезпечності є стійкість препаратів в об'єктах навколишнього середовища, яка оцінюється періодом напіврозпаду T_{50} — часом, за який вміст пестициду в досліджуваному об'єкті зменшується на 50%. За персистентністю пестициди поділяються на 4 класи (K_B): дуже стійкі — T_{50} більше 20 діб, стійкі — T_{50} становить 5—20 діб, помірно стійкі — T_{50} — 3—5 діб, мало стійкі — T_{50} менше 3 діб. Враховується стійкість препаратів у ґрунті, воді, в рослинах; біокумуляція (коефіцієнт накопичення у водній та наземних екосистемах, за трофічними ланцюгами); коефіцієнти міграції: ґрунт — рослина, ґрунт — повітря, ґрунт — вода; фітотоксична дія (%); дія на біоценоз ґрунту; утворення токсичних і стійких продуктів трансформації. За цими показниками

2. Показники швидкості детоксикації фунгіцидів в рослинах люпину та ґрунті та ступінь їх небезпечності (НДГ “Чабани” 2008—2010 рр.)

Препарат: діюча речовина	Норма витрати, л, кг/га		ЛД ₅₀ мг/кг	К _А	К _Б	С _н	Q
	за преп.	за д.р.					
Фундазол, з.п.: беноміл	0,8	0,4	724*	3*	2*	4*	2,0
Стробі, в.г.: крезоксим-метил	0,2	0,1	5000	4	2	5	2,5
Делан, в.г.: дитіанон	1,0	0,7	575	3	2	4	2,8
Фолікур 250 EW, к.е.: тебуконазол	0,75	0,19	4400	4	2	5	1,3
Амістар Екстра 280 SC, к.с.: ципроконазол азоксистробін	0,75	0,06 0,15	1175 5000	3 4	2 2	4 5	1,3
Фалькон 460 ЕС, к.е.: триадименол тебуконазол спіроксамін	0,6	0,03 0,10 0,15	1160 4400 595	3 4 3	2 2 2	4 5 4	2,0

Примітки: К_А — клас небезпечності за токсиколого-гігієнічними показниками;

К_Б — клас небезпечності за екотоксикологічними показниками;

* — по основному метаболіту карбендазіму

досліджувані фунгіциди відносяться до помірно стійких сполук. Проте, ця класифікація недостатньо враховує їх шкідливу дію на організм людини.

Інтегральна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності їх застосування (С_н) має 7 ступенів безпеки і враховує як токсиколого-гігієнічні (К_А, основний показник ЛД₅₀) так і екотоксикологічні (К_Б, основний показник Т₅₀) характеристики: 1, 2 ступінь — високо-небезпечні, 3 — небезпечні, 4, 5 — помірно небезпечні, 6, 7 — мало-небезпечні. Ступінь небезпечності розраховується за формулою:

$$C_n = (K_A + K_B) - 1.$$

Згідно 7-ми ступеневої класифікації, досліджувані фунгіциди є сполуками помірно небезпечними (С_н 4—5 балів).

Небезпечність застосування препаратів залежить як від ступеня небезпечності окремих сполук, так і від їх комбінації та норми витрати. Тому для екотоксичної оцінки застосування препаратів використовували середньозважений ступінь небезпечності (Q):

$$Q = (C_{n1} m_1 / H_1 + C_{n2} m_2 / H_2 + \dots + C_{nn} m_n / H_n) : n,$$

де m_1 — вміст діючої речовини в препараті, кг/га;

N — норма витрати препарату, кг/га;

n — число діючих речовин в комбінованому препараті.

З екологічного погляду середньозважений ступінь характеризує препарати за пріоритетним впливом на агроценози. Встановлено, що досліджувані препарати відносяться до небезпечного 2 класу.

Отже, асортимент фунгіцидів для ефективного захисту люпину та сої може бути розширений за рахунок використання сполук з класів триазолів та стробілуринів 4—5 ступеня небезпечності у вигляді однокомпонентних або комбінованих препаратів. Ці сполуки малотоксичні ($LD_{50} > 1000$ мг/кг) і застосовуються з меншими нормами витрати порівняно з фунгіцидами класу бензімідазолів, які широко застосовуються для захисту культур. Це дає змогу зменшити навантаження на агроценоз, знизити екотоксикологічний ризик для довкілля, а комбінація фунгіцидів з різними механізмами дії забезпечує розширення спектру дії препаратів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бублик Л.І. Залежність фізико-хімічних та екотоксикологічних властивостей пестицидів від їх полярності / Л.І. Бублик // Захист і карантин рослин. — 2004. — Вип. 50. — С. 244—252.

2. Бублик Л.І. Екотоксикологічний моніторинг пестицидів в агроценозах / Л.І. Бублик // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття : матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, 1—5 лист. 2004 р. — К. : Колосіг, 2004. — С. 571 — 580.

3. Бублик Л.І. Моніторинг та екотоксикологічне обґрунтування застосування хімічних засобів захисту рослин / Л.І. Бублик, В.М. Кавецький // Захист і карантин рослин. — 1996. — Вип. 44. — С. 57 — 72.

4. Бублик Л.І. Детоксикація фунгіцидів та їх вплив на ураженість люпину грибними хворобами / Л.І. Бублик, О.В. Балюх, Н.В. Ткаченко // Карантин і захист рослин. — 2011. — №9. — С. 22—24.

5. Васильев В.П. Интегральная классификация пестицидов по степени опасности загрязнения создаваемого их применением и оценка опасности загрязнения окружающей среды / В.П. Васильев, В.Н. Кавецкий, Л.И. Бублик // Агрехимия. — 1989. — №6. — С. 227—230.

6. Горбатов В.С. Экологическая оценка пестицидов: источники и формы информации / В.С. Горбатов, Ю.М. Матвеев, Т.В. Кононова // АГРО XXI. — 2008. — № 1—3. — С. 7—9.

7. Новожилов К.В. Имитационное моделирование и экотоксикологические параметры в системе оценок опасности пестицидов / К.В. Новожилов, Н.Н.Семенова, Т.М. Петрова // Защита растений. — 1999. — № 12. — С. 8—15.

8. Семенова Н.Н. Имитационное моделирование в оценке эколо-

гической опасности пестицидов для почв агробиоценозов / Н.Н. Семенова, К.В. Новожилов, С.А. Волгарев // Весник защиты растений. — 2009. — №3. — С. 20—31.

9. Hela D.G. Environmental monitoring and ecological risk assessment for pesticide contamination and effects in Lake Pamvotis, northwestern Greece. / D.G. Hela, D.A. Lambropoulou, I.K. Konstantinou, T.A. Albanis // Environmental Toxicology Chemistry. — 2005. — Volume 24(6). — P. 1548—1556.

10. Maud J. Comparative evaluation of pesticide risk indices for policy development and assessment in the United Kingdom / J. Maud, G. Edwards-Jones, F. Quin // Agriculture, Ecosystems and Environment. — 2001. — Volume 86. — P. 59—73.

Бублик Л.И., Балух О.В. Экоотоксикологическая оценка применения фунгицидов для защиты люпина и сои

Определены показатели детоксикации фунгицидов в объектах агроценозов люпина и сои (константы скорости детоксикации, время полураспада и полного распада) и степень опасности их применения в Лесостепи Украины. По интегральной классификации исследуемые фунгициды относятся к умеренно опасным соединениям.

Bublik L. I., Balyuh O. Ecotoxicological evaluation of application of fungicides for the protection of lupine and soybean

It has been determined rates of detoxification of fungicides in the objects of agrocenosis of lupine and soybean (rate constant of detoxification, the half-life and the complete decay) and degree of danger of their application in Forest-Steppe of Ukraine. Pursuant to integrated classification investigated fungicides concern to moderately safe compounds.