

ЛЕКЦІЯ № 14

ТЕМА: Оцінка ефективності і екологічної безпеки пестицидів

1. Оцінка ефективності заходів із захисту рослин
2. Оцінка екологічної безпеки пестицидів.

1. Оцінка ефективності заходів із захисту рослин

Оцінку результатів проведених заходів для захисту рослин здійснюють за їх біологічною, господарською і економічною ефективністю.

Визначення біологічної ефективності.

Під біологічною ефективністю розуміють процент загибелі шкідників і бур'янів, а також зниження ураженості рослин хворобами.

Загибель шкідників або бур'янів можна визначати безпосередньо шляхом підрахунку живих і загиблих особин на одиницю обліку (m^2). Найпоширенішим методом оцінки біологічної ефективності (C) є порівняння чисельності шкідника (бур'янів) на одиницю площі до обробки (A) і після обробки (B):

$$C = \frac{100(A - B)}{A} \%$$

Біологічна ефективність пестицидів проти шкідників, які швидко розмножуються (попелиці, кліщі) або дуже швидко рухаються (блішки, саранові), визначається шляхом порівняння зміни чисельності популяції на контролі і на обробленому полі.

Так, якщо чисельність комах на обробленому полі до обробки дорівнювала A , після обробки — B , а чисельність у контролі на той самий період часу — відповідно a і b , то загибель на обробленому полі дорівнює $A-B$, а в контролі — $a-b$. Звідси відсоток загибелі C у першому випадку становить

$$C_1 = \frac{100(A - B)}{A} \%$$

У другому

$$C_2 = \frac{100(a - b)}{a}, \%$$

а відсоток загибелі з поправкою на контроль —

$$C = \frac{100(A - B)}{A} - \frac{100(a - b)}{a}, \%$$

тобто

$$C = \frac{100(Ab - Ba)}{Aa}, \%$$

Для видів шкідників з потайним способом життя (яблунева плодожерка, личинки мух, зерноїди), біологічна ефективність захисних заходів визначається за зниженням ушкодженості рослин або продукції:

$$C = \frac{100(a - b)}{a}, \%$$

де a — показник середньої ушкодженості рослин (плодів) на контролі; b — те саме на обробленому полі.

Біологічну ефективність боротьби з мишоподібними гризунами в полі визначають порівнянням загальної кількості затруєних нір з кількістю відкритих нір на другий день після затруєння:

$$C = \frac{100(A - B)}{A}, \%$$

де A — кількість жилих нір до затруєння; B — кількість нір, відкритих після затруєння.

Для визначення біологічної ефективності заходів боротьби з хворобами використовують два показники: поширеність хвороби та її розвиток.

Поширеність хвороби — це кількість уражених рослин чи окремих їх органів (листки, стебла, колос, зерно) у відсотках від загальної кількості обстежених на площі ділянки чи поля. Поширеність хвороби (для плямистості) визначають за формулою

$$П = \frac{n \cdot 100}{N}$$

де $П$ — поширеність хвороби, %; n — кількість уражених рослин у пробі;
 N — загальна кількість обстежених рослин у пробі.

Розвиток хвороби відображує середню інтенсивність ураження рослин і виражається у відсотках, визначається за формулою

$$Р = \frac{\Sigma(ab) \cdot 100}{Nk}$$

де $Р$ — розвиток хвороби, %; $\Sigma(ab)$ — сума добутків кількості рослин (a) на відповідний бал ураження (b); N — загальна кількість облікових (здорових і хворих) рослин; k — вищий бал шкали обліку.

Біологічну ефективність заходів боротьби з хворобами вираховують за формулою

$$Б = \frac{П_k - П_d}{П_k} \cdot 100$$

де $Б$ — біологічна ефективність, %; $П_k$ і $П_d$ — відповідно показники поширеності або розвитку хвороби на контролі та на дослідній ділянці, %.

Господарську ефективність визначають за кількістю та якістю продукції. Збережений врожай ($П$) у відсотках визначають за формулою

$$A = \frac{a}{b} \cdot 100$$

де a — середній врожай з одиниці облікової площі на обробленому полі; b — те саме на контрольній ділянці.

Економічна ефективність заходів із захисту рослин визначається за спеціальними методиками.

Економічна ефективність перебуває у прямій залежності від господарської і в оберненій — від розміру витрат на проведення захисних заходів.

Основними показниками, що характеризують економічну ефективність застосування пестицидів, є чистий прибуток і рівень рентабельності. Чистий прибуток становить різницю між вартістю збереженої продукції і витратами на застосування препарату:

$$D_{\text{чп}} = Z_p - Z_z - Z_x - Z_t$$

де Z_p — збережений урожай; $Ц_z$ — ціна продукції; Z_x — затрати на пестицид; Z_z — затрати на збирання збереженого урожаю; Z_t — затрати на транспортування збереженого урожаю.

де $D_{\text{чп}}$ — додатковий чистий прибуток, грн/га; $z_{\text{зх}}$ — втрати на захист рослин, грн/га; $Z_{\text{п}}$ — витрати на переробку збереженої продукції, грн/га.

Втрати на захист рослин проти шкідливих організмів включають вартість застосовуваних пестицидів, збирання збереженого урожаю, його перевезення, очищення і експлуатаційні витрати (зарплата, вартість паливно - мастильних матеріалів, ремонт техніки та ін.).

Показники, визначені розрахунковим методом, — умовні, але вони певною мірою характеризують рівень "економічної доцільності застосування пестицидів для захисту рослин від шкідливих організмів.

2. Оцінка екологічної безпеки пестицидів.

При застосуванні пестицидів важливо заздалегідь оцінити рівень потенційної небезпеки для людини і біоти запланованої системи хімічного захисту рослин від шкідливих організмів.

Орієнтовні показники екологічної ситуації на певній території можна одержати розрахунковим методом з урахуванням екотоксикологічної характеристики препарату, кількісного пеститщдного навантаження на навколишнє середовище та інтенсивності процесів деструкції пестициду в умовах даного ландшафту (М.М. Мельников, 1984):

$$EN = \frac{H \cdot P}{T}$$

де EN — екологічне навантаження, " H — норма витрат препарату, кг/га, л/га; P — персистентність; T — токсичність препарату (ЛД₅₀), мг/кг.

Ця формула, безумовно, не відображує всього комплексу показників екологічної безпеки пестицидів. Для більш точного прогнозу рівня небезпеки забруднення екосистеми пестицидами використовується математична модель підсистеми пестицид — сільськогосподарський ландшафт (Васильєв та ін., 1989).

Вона включає три параметри:

1. Середньовиважений ступінь небезпеки асортименту пестицидів, що застосовуються (О), обчислюється за формулою

$$O = \frac{C_1 m_1 + C_2 m_2 + \dots + C_n m_n}{M}$$

де C — інтегральний ступінь небезпеки пестициду; m — кількість одного препарату, л, кг, що планується або застосовується; M — загальна кількість усіх препаратів, що застосовується, л, кг.

2. Усереднене навантаження пестицидів на конкретну територію виражають екотоксикологічною дозою, обчислюваною за формулою



де M — загальна кількість застосовуваних препаратів, л, кг; S — загальна орна площа, га.

3. Толерантність території до пестицидного навантаження оцінюється величиною індексу спроможності самоочищення земельного угіддя I_{co} . Вона відображує інтенсивність деструкції пестицидів залежно від ґрунтово-кліматичних умов і виражається в оцінкових балах: 0,1 — для ландшафтів сухого степу і солончаків; до 1,0 — для ландшафтів окультурених чорноземних ґрунтів у зоні достатнього зволоження (Соколов і ін., 1981).

З урахуванням усіх критеріїв на території України виділено п'ять зон детоксикації, які відрізняються за здатністю ландшафту до самоочищення і яким відповідають такі індекси: дуже інтенсивна — $>0,80$, інтенсивна — $0,80-0,61$, помірна — $0,60-0,41$, слабка — $0,40-0,20$, дуже слабка $< 0,20$.

Зональні індекси самоочищення є такими:

Поліська зона. Дерново-підзолисті типові ґрунти різного механічного складу, ГТК = $2,0 - 1,6$, $I_{co} = 0,5$. Розкладання пестицидів відбувається в результаті ґрунтових біохімічних процесів, вивільнення залишків токсикантів з ландшафту можливе з поверхневим і внутрішньо ґрунтовим стоком.

Лісостепова зона чорноземів типових і сірих опідзолених ґрунтів, ГТК — $1,6 - 1,3$, $I_{co} = 0,55 - 0,7$. Самоочищення ландшафтів забезпечується, головним чином, за рахунок активної біохімічної деструкції препаратів у результаті високої ферментативної активності ґрунту і оптимальних умов для діяльності мікроорганізмів.

Степова зона чорноземів звичайних і південних: ГТК = $1,0 - 0,7$, $I_{co} = 0,3 - 0,5$. Надлишок тепла і дефіцит вологи призводить до деструкції препаратів в основному за рахунок фотолітичного розкладу і зникнення шляхом випаровування.

Сухостепова зона темно-каштанових і каштанових ґрунтів, ГТК = $0,5$, $I_{co} = 0,2$. Самоочищення ландшафту тут зумовлене високою інтенсивністю фізико-хімічної деструкції (фотоліз).

5. *Зона буроземних ґрунтів Карпат*, ГТК = 2,5, $I_{co} = 0,76$. Самоочищення ландшафту зумовлене тут високою інтенсивністю біохімічних процесів і фотолізом, а також активним знесенням залишків препаратів поверхневим стоком.

На території України зона слабкої та дуже слабкої самоочищувальної здатності становить 38 % загальної земельної площі, зона помірної здатності — 25 % і 37 % припадає на зону інтенсивної і дуже інтенсивної здатності до самоочищення.

Прогнозування забруднення сільськогосподарських ландшафтів пестицидами виражається інтегральним показником (V), який враховує всі ці три параметри:

$$V = \frac{H_v \cdot S_{об} \cdot I_{зон} \cdot C_{неб}}{S}$$

де H_v — норма витрат пестициду, л/га, кг/га; $S_{об}$ — площа, що обробляється, га; $I_{зон}$ — індекс самоочищення зони; $C_{неб}$ — ступінь небезпеки; S — загальна орна площа, га.

Рівень потенційної небезпеки внесення пестицидів для біоти може бути охарактеризований агроекотоксикологічним індексом (АЕТІ), значення якого визначається величиною прогнозованого забруднення території:

$$АЕТІ = \frac{V}{V_{доп}}$$

де V — інтегральний показник.

При плануванні застосування хімічних засобів захисту рослин необхідно добирати асортимент пестицидів і сумарну їх норму витрат на одиницю орної площі у даній ґрунтово-кліматичній зоні з таким розрахунком, щоб величини АЕТІ були якомога менші. Потенційні можливості виживання фауни та збереження гігієнічних нормативів якості продукції забезпечується при АЕТІ = 1.

Однак поняття «екологічна безпечність пестицидів» дуже широке і включає у себе дію токсикантів не тільки на людину, хребетних тварин, окремі провідні

складові, що забезпечують кругообіг речовин у природі. Важливе значення має безпека токсикантів і для корисних безхребетних і мікроорганізмів, які беруть участь у регулюванні біоценотичних відносин. Тому для загальної оцінки екологічної безпеки пестицидів вихідними матеріалами є:

- дані про коефіцієнт безпеки пестицидів для хребетних;
- дані про коефіцієнт безпеки для корисних членистоногих і ентомопатогенів;
- дані про тривалість збереження пестициду у середовищі (коефіцієнт персистентності).

Для порівняльної оцінки небезпечності пестицидів для хребетних використовується показник безпосередньої токсичної дії, вираженої у одиницях ЛД₅₀ або ЛК₅₀). Більш доцільно використовувати інтегральний показник, одночасно враховуючи і ступінь токсичності пестициду і кількість токсичного матеріалу, що вноситься у середовище. Якісним показником інтегральної характеристики є кількість напівлетальних доз діючої речовини пестициду на гектар, що вноситься при його застосуванні у рекомендованих нормах, або «токсичне навантаження». Воно визначається як частина рекомендованого дозування пестициду (мг д.р./га) на півлетальну дозу (ЛД₅₀, мг/кг маси) і показує, скільки таких напівлетальних доз для хребетних вноситься на одиницю площі у процесі одноразової обробки. Чим менший цей показник, тим більшу перевагу має даний препарат. За цим показником пестициди умовно можна розподілити на 4 групи:

- малонебезпечні, при застосуванні яких токсичне навантаження не перевищує 100 напівлетальних доз на гектар;
- помірно небезпечні (токсичне навантаження 100 - 1000);
- небезпечні, з токсичним навантаженням від 1000 до 10000 ЛД₅₀/га;
- особливо небезпечні, з токсичним навантаженням на гектар понад 10000 напівлетальних доз.

Оцінка коефіцієнта безпеки пестицидів для корисних членистоногих і ентомопатогенів проводиться на основі обліку смертності за 4-бальною шкалою:

бал — препарат нешкідливий — смертність менша 50 %; бали —

слаботоксичний — смертність 50 - 70 %;

бали — середньотоксичний — смертність 80 - 99 % ; бали — препарат токсичний — смертність понад 99 %.

Токсичність для мікробіологічних об'єктів оцінюється при порівнянні інгібівної дії препаратів на ріст колоній грибів або бактерій, які культивуються на штучному живильному середовищі.

Кількісне вираження ступеня персистентності оцінюється за 4- бальною шкалою:

бал (не має персистентності) — препарат втрачає свою токсичну дію на цільові та нецільові об'єкти за 10 діб після обробки;

бали (слабоперсистентні) — те саме в період до 20 діб; бали (персистентні) — те саме до 45 діб;

бали (високоперсистентні) — те саме, понад 45 діб.

Розрахунок комплексного коефіцієнта екологічної небезпеки полягає у тому, що для кожної культури на підставі «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні», складається характеристика, до якої вносять екологічні показники кожного з пестицидів, а потім розраховується значення величин.

Узагальнюючи всі показники впливу пестицидів на навколишнє середовище, можна всебічно їх оцінити (табл. 2). За кожним показником наводиться шкала оцінкових балів рівня небезпечності, що характеризують їх дію на біоту.

Таблиця 2. Екотоксикологічна класифікація небезпечності пестицидів

Показник	Клас небезп еки	Характеристика класу	Бал
Стійкість у ґрунті	1	> 12 місяців	8
	2	6—12 місяців	4
	3	< 6 місяців	2
Стійкість у рослинах	1	>20 діб	8
	2	10-20 діб	6

	3	< 10 діб	2
Стійкість у воді	1	> 30 діб	8
	2	10-30 діб	6
	3	< 10 діб	2
Міграція по грунтовому профілю	1	> 50 см	3
	2	до 50 см	2
	3	до 10 см	1
	4	Не мігрує	0
Фітотоксична дія (загибель рослин, %	1	>50	4
	2	20-50	3
	3	<20	2
Вплив на ґрунтовий біоценоз (зміна загального числа біоти, ферментативні процеси)	1	Впливає на кілька проце сів і популяцій	2
	2	Впливає на поодинокі процеси і популяції	1
	3	Не впливає	0
Токсичність для корисних комах та риб	1	Висока	3
	2	Помірна	2
	3	Низька	1
Токсичність для теплокровних, ЛД ₅₀	1	> 1000 мг/кг	4
	2	200 -1000 мг/кг	3
	3	50 - 200 мг/кг	2
	4	< 50 мг/кг	1
Вплив на органолептичні властивості урожаю	1	Погіршує	1
	2	Не впливає	0
Утворення токсичних та стійких продуктів трансформації (% початкової кількості)	1	>30	7
	2	11-30	5
	3	5-10	3
	4	<5	0

Узагальнюючим критерієм, за яким препарат відносять до того чи іншого класу небезпеки, є сума балів. Це дає можливість враховувати таку ситуацію,

коли препарат, небезпечний за одним з гігієнічних показників, наприклад, за ступенем токсичності, може бути безпечним за персистентністю.

Сумарні оцінкові бали (за 100-бальною шкалою) відповідають 4 класам екотоксикологічної небезпеки:

до 19 балів — малонебезпечний;

20 - 50 балів — помірно небезпечний; 51 — 80 балів — небезпечний;

понад 80 балів — особливо небезпечний.

При виборі пестицидів для масового застосування необхідно враховувати не тільки екологічні фактори і гостру токсичність препарату, а й поведінку його у об'єктах навколишнього середовища і можливість накопичення у живих організмах. У всіх випадках перевага повинна віддаватися таким препаратам, строк дії яких і тривалість надходження в навколишнє середовище не перевищує одного вегетаційного періоду.