Захист і карантин рослин. 2014. Вип. 60.
УДК 631.95: 632.95

І.В. КРУК, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут захисту рослин НААН

ЕКОТОКСИЧНА ДІЯ ПЕСТИЦИДІВ В АГРОЦЕНОЗІ РІПАКУ ОЗИМОГО

На прикладі ріпаку озимого доведено, що екотоксична дія пестицидів в агроценозах зумовлена полярністю сполук, а інтегральним показником є ступінь небезпечності застосування ($С_и$), що визначають за 7-ступеневою шкалою. Найбільш небезпечними є неполярні сполуки 1—3-го ступеня небезпечності, та частково малополярні 4-го ступеня, які відносяться до І та ІІ класу небезпечності за токсичністю або стійкістю.

пестициди, полярність, ріпак озимий, ступінь небезпечності застосування

В сучасних умовах глобальних кліматичних змін суворе дотримання агротехнологій, зокрема раціональне застосування хімічних засобів захисту рослин від шкідливих організмів (пестицидів), є необхідною умовою отримання якісного урожаю та збереження аграрного потенціалу України. Інтегрована система — це комбінація біологічних, агротехнічних, хімічних, фізичних та інших методів захисту рослин проти комплексу шкідників, хвороб і бур'янів в конкретній еколого-географічній зоні на визначеній культурі, при якій здійснюється регулювання чисельності шкідливих видів до господарсько невідчутних кількостей при збереженні діяльності природних корисних організмів. Пестициди, що використовуються в цій системі, повинні відповідати ряду вимог. Одна із них — помірна стійкість в об'єктах навколишнього середовища і розпад з утворенням нетоксичних продуктів протягом одного вегетаційного періоду. Друга — вибірковість дії на шкідливі і корисні організми [3, 4, 6—8]. Це набуває особливого значення в умовах зміни клімату, які проявилися через вирівнювання температурного поля по території країни, підвищення середньорічної температури та збільшення суми ефективних температур, що призвело до зміни тривалості сезонів року, до перебудови домінуючих ентомокомплексів, поширення на північ та збільшення чисельності спеціалізованих шкідників, хвороб та бур'янів, втрати врожаю, а також збільшення екологічної небезпечності хімічного захисту, особливо в лісостеповій зоні [5—9]. Удосконалення асортименту та технології застосування може забезпечити вирішення завдань підвищення ефективності та без-

© І.В. Крук, 2014.

печності застосування пестицидів при вирощуванні в Україні ріпаку озимого — цінної олійної та стратегічної для виробництва біопалива культури. Впродовж останніх 10—15-ти років посівні площі ріпаку озимого постійно збільшувалися. За даними Державного комітету статистики України, під врожай 2014 року посіяно 1,4 млн га. В той же час валовий збір зерна за останні роки катастрофічно зменшується — на 20—30% кожного року, починаючи від 2009 р. У 2010—2013 рр. урожай становив близько 1,1 млн т, однак середня врожайність перебувала на рівні 1,31 т/га, що значно нижче потенційної продуктивності сортів — 5—6 т/га [3, 7, 8]. Слід враховувати, що використання пестицидів зумовлено необхідністю збереження врожаю, тому вони вимушено вносяться в агроценози. Питання безпеки вирішується нормуванням залишків пестицидів у природних середовищах, продуктах урожаю, відповідною регламентацією хімічних обробок сільськогосподарських культур.

Прогнозування забруднення агроценозів пестицидами та розробка заходів щодо запобігання його негативним наслідкам можливе лише за глибокого розуміння механізмів токсичної дії на живі організми, взаємодії пестицидів з об'єктами навколишнього середовища та встановлення критеріїв оцінки цих процесів. В працях Л.І. Бублик із співавторами доведено, що властивості пестицидів зумовлені їх полярністю, а величина дипольного момента сполук (μ) є моделлю не тільки їх фізико-хімічних властивостей (температури плавлення, кипіння, розчинності та інших характеристик), а також токсичності та механізму дії. За величиною дипольних моментів пестициди розподілено на три групи: неполярні з μ від 0 до 2 дебай (Д), малополярні з μ від 2 до 6 Д та полярні з μ більше 6 Д. Критерієм оцінки екотоксичної дії пестицидів в агроценозах є інтегральна ступінь небезпечності застосування [2, 3, 4]. Сучасний асортимент пестицидів достатньо великий. Враховуючи економічну доцільність, проблема вибору того чи іншого препарату для виробника є дуже важливою і актуальною.

Мета досліджень полягала у визначенні залежності екотоксичної дії пестицидів, що застосовуються для захисту ріпаку озимого від шкідливих організмів, від полярності сполук.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

- визначити дипольні моменти та класифікувати за полярністю пестициди, що застосовують в різних технологіях вирощування ріпаку;
- виявити закономірності процесу детоксикації різнополярних пестицидів в агроценозі ріпаку озимого;
- визначити ступінь небезпечності застосування різнополярних пестицидів для захисту ріпаку;

Місце, умови та методика досліджень. Дослідження проводили

в лабораторії аналітичної хімії пестицидів ІЗР НААН, польові — на полях ВП НУБіП України «Великоснітинське навчально-дослідне господарство ім. О.В. Музиченка» (Лісостеп, Київська область, Фастівський район) згідно із загальноприйнятими методиками. Класифікацію пестицидів за полярністю проводили за величиною дипольного моменту. Визначення залишків, вивчення процесів токсикації рослин та детоксикації пестицидів провадили з використанням фізико-хімічних методів аналізу за методиками, що офіційно затверджені Міністерством екології і природних ресурсів України, та розробленими в лабораторії аналітичної хімії пестицидів. Ступінь небезпечності застосування пестицидів оцінювали за інтегральною 7-ступеневою шкалою. Статистичну обробку одержаних даних здійснювали з використанням комп'ютерної програми Microsoft Office Excel, 2003.

Результати досліджень. Визначення дипольних моментів пестицидів проводили методом ТШХ [1, 2, 9], що ґрунтується на зіставленні швидкості руху сполуки в двох різнополярних фазах з діелектричною проникністю ε_1 та ε_2.

Швидкість руху речовин в тонкому шарі адсорбенту характеризується величиною R_f за рівнянням

$$\mathbf{R_f = V/U = S_1 t/S_2 t = (\varepsilon — \mu)^{1/2} / K,} \qquad \mathbf{(1)}$$

де **V** — швидкість руху речовини; **U** — швидкість руху елюенту ; **S** — відстань від старту до центру хроматографічної зони; S_2 — відстань від старту до фронту елюенту; **t** — час хроматографування; **K** — коефіцієнт адсорбції чи розподілу, що залежить від хімічної природи досліджуваної сполуки та умов хроматографування; ε — діелектрична проникність рухомої фази, розрахована за правилом адитивності.

Ця залежність була використана для визначення дипольних моментів пестицидів сучасного асортименту, що застосовуються для захисту ріпаку. Дослідження проводили в стандартних умовах: пластинки з силікагелем КСК (типу Sorbfil), рухома фаза — неполярний розчинник н-гексан (ε =1,89; μ =0), до якого постійно додається більш полярний розчинник ацетон (ε = 21,3; μ = 2,7) для отримання систем з різною елюційною здатністю: гексан-ацетон (об/об) — (20:1, ε =2,82); (10:1, ε =3,65); (10:1,5, ε =4,34) (4:1, ε =5,77); (3:1, ε =6,74); 4); (2:1, ε =8,36). Як рухома фаза з ε більше 20 застосовувалися водні розчини аміаку або мурашиної кислоти.

Розрахунок дипольного моменту проводили за формулою, розробленою В.М. Кавецьким та Л.І. Бублик [1]:

$$\mathbf{\mu = (Rf_2^2 \varepsilon_1 — R f_1^2 \varepsilon_2) / (Rf_2^2 — Rf_1^2),} \qquad \mathbf{(2)}$$

де $\mathbf{Rf_2}$ — значення в більш полярній фазі з ε_2 , $\mathbf{Rf_1}$ — значення в менш полярній фазі з ε_1.

Цю формулу використано для рухомих фаз з близькими значеннями діелектричної проникності, при яких коефіцієнт К має однакові значення, а залежність величини Rf від ε — лінійна. Тому для розрахунку дипольних моментів неполярних пестицидів застосовували рухомі фази з діелектричною проникністю до 3. При використанні цих фаз малополярні пестициди залишаються на старті. Тому хроматографічний процес проходить для них при використанні рухомих фаз з ε_1 більше 3, для полярних — з ε_1 більше 6. Розраховані значення дипольних моментів пестицидів та класифікація їх за полярністю наведені в таблиці 1 в порядку зростання величини дипольного моменту.

Результати досліджень доводять, що сполуки різних органічних класів з близькими значеннями дипольних моментів мають однакові властивості. Неполярні піретроїди, практично нерозчинні у воді і мають контактний механізм дії. Такі ж властивості має хлорпірифос — фосфорорганічна сполука. Зі збільшенням **μ** сполуки краще розчиняються у воді, що зумовлює механізм їх дії. Сучасний асортимент інсектицидів, фунгіцидів та гербіцидів складають малополярні сполуки контактно-системної та системної дії. До неполярних сполук відносяться інсектициди, а до полярних — гербіциди системної дії з $\mu > 6$ Д (гліфосат та дикват). Величина дипольного моменту (μ) сполуки є моделлю її властивостей і може використовуватись для удосконалення асортименту, що підтверджують дослідження динаміки детоксикації пестицидів в агроценозі озимого ріпаку. Процес зменшення токсичного потенціалу пестицидного навантаження в агроценозах найбільш вірогідно описується експоненційною моделлю:

$$\mathbf{C_t = C_0 e^{-kt}}, \qquad (3)$$

де $\mathbf{C_0}$ — початкова концентрація та $\mathbf{C_t}$ — концентрація (мг/кг) в певний момент часу **t** (діб); **k** (1/доба) — константа швидкості процесу детоксикації пестицидів, яка залежить від багатьох факторів, основними з яких є фізико-хімічні властивості препаратів, особливості культури та ґрунтово-кліматичні умови. При різниці абсолютних швидкостей в різні моменти часу, відносна швидкість є величиною постійною, незалежно від часу. Тому **k** є показником інтенсивності процесу детоксикації пестицидів, за його допомогою можна оцінювати вміст пестицидів у рослинах, ґрунті, воді в будь-який віддалений момент часу від застосування, розрахувати період напіврозпаду ($\mathbf{T_{50}}$), або термін майже повної детоксикації пестициду в агроценозі ($\mathbf{T_{95}}$).

Показники розраховували за наступним рівнянням першого порядку:

$$\mathbf{k = (2{,}303 \lg C_0/C_t)/t}. \qquad (4)$$

Погіршення фітосанітарного стану значно загострило проблему

1. Характеристика за полярністю пестицидів, що застосовуються для захисту ріпаку

Пестицид (клас сполук:призначення)	Емпірична формула	Рухома фаза		Rf ± 0,02		μ ± 0,05, Д
		ε_1	ε_2	Rf_1	Rf_2	
Неполярні (μ від 0 до 2 Д)						
Тефлутрин (П:Ін.)	$C_{10}H_9N_4SCl$	1,89	2,82	0,39	0,50	0,30
Хлорпірифос (ФОС:Ін.)	$C_9H_{11}NO_3PSCl_3$	1,89	2,82	0,42	0,53	0,32
Біфетрин (П:Ін.)	$C_6H_8N_5OCl$	1,89	2,82	0,41	0,55	0,38
Бета-цифлутрин (П:Ін.)	$C_{22}H_{18}NOCl_2F$	1,89	2,82	0,22	0,33	1,13
Дельтаметрин (П:Ін.)	$C_{22}H_{19}NO_3Br_2$	1,89	2,82	0,14	0,22	1,27
Цигалотрин (П:Ін.)	$C_{23}H_{19}NO_3ClF_3$	1,89	2,82	0,28	0,47	1,30
Альфа-циперметрин (П:Ін.)	$C_{22}H_{19}NO_3\ Cl_2$	1,89	2,82	0,10	0,25	1,54
Малополярні (μ > 2 до 6 Д)						
Метолахлор (Г)	$C_{15}H_{22}CLNO_2$	3,65	4,34	0,38	0,48	2,33
Фенвалерат (П:Ін.)	$C_{25}H_{19}NO_2\ Cl$	3,65	4,34	0,36	0,45	2,41
Фозалон (ФОС:Ін.)	$C_{12}H_{15}NO_4PS_2\ Cl$	3,65	4,34	0,26	0,33	2,62
Пропіконазол (Т:Ф)	$C_{14}H_{15}N_3OCl_2$	3,65	4,34	0,35	0,48	2,74
Триазофос (ФОС:Ін.)	$C_{12}H_{22}N_2O_3PS$	3,65	4,34	0,28	0,37	2,76
Пропахізофоп (Г)	$C_{22}H_{22}O_5N_3CL$	3,65	4,34	0,36	0,49	2,85
Металаксил М	$C_{15}H_{21}NO_4$	3,65	4,34	0,35	0,48	3,00
Фіпроніл (Н:Ін.)	$C_{12}H_4\ N_4Cl_2F_6$	3,65	4.34	0,30	0,46	3,10
Флудиоксоніл (Ф)	$C_{12}H_6F_2N_2O_2$	3,65	4,34	0,20	0,27	3,28
Тирам (Ф)	$C_6H_{12}N_2S_4$	3,65	4,34	0,15	0,26	3,54
Тебуконазол (Т:Ф)	$C_{16}H_{22}N_3OCl$	5,77	6,74	0,13	0,18	4,30
Хізалофоп-п-етил (Г)	$C_{19}H_{17}CLN_2O_4$	5,77	6,74	0,14	0,19	4,56
Клетодим (Н:Г)	$C_{17}H_{26}CLNO_3S$	5,77	6,74	0,15	0,21	4,70
Тіаклоприд (Н:Ін.)	$C_{15}H_{18}N_3OCl$	5,77	6,74	0,13	0,19	4,80
Клотіанідин (Н:Ін.)	$C_6H_8N_5O_2Cl$	6,74	8,36	0,10	0,15	5,45
Імідаклоприд (Н:Ін.)	$C_9H_{10}N_5OCl$	6,42	8,36	0,09	0,15	5,50
Тіаметоксам (Н:Ін.)	$C_8H_{10}N_5O_3\ Cl$	6,74	8,36	0,09	0,14	5,59
Диметоат (ФОС:Ін.)	$C_6H_{15}NO_4PS_2\ Cl$	6,74	8,36	0,08	0,13	5,77

Продовження табл. 1

Пестицид (клас сполук:призначення)	Емпірична формула	Рухома фаза		Rf ± 0,02		μ ± 0,05, Д
		ε_1	ε_2	Rf_1	Rf_2	
Полярні (μ > 6 Д)						
Гліфосат (Г)	$C_{12}H_8NO_5P$	24,47	26,66	0,70	0,85	21,97
Дикват (Г)	$C_{12}H_{22}N_{22}Br$	61,01	66,61	0,66	0,75	42,02

Примітки: 1. Скорочення: Н — неонікотиноїди, П — піретроїди, Т — триазоли, ФОС — фосфорорганічні, Г — гербіциди, Ін. — інсектициди, Ф — фунгіциди.

2. $R_f \pm 0,02$ — довірчий інтервал при P=0,95; n=5, критерій Ст'юдента t_α 2,78.

захисту сходів ріпаку озимого від комплексу ґрунтових і наземних шкідників, різних хвороб. На сьогодні ця проблема вирішується способом передпосівної обробки насіння інсектицидами та фунгіцидами (табл. 2). Динаміка детоксикації протруйників насіння в агроценозі ріпаку залежить від полярності сполук та норми витрати, незалежно від їх функціонального призначення. Неполярний інсектицид бета-цифлутрин (піретроїд) спостерігали в ґрунті продовж 50-ти діб. Період його напіврозпаду (T_{50}) триває 8,7 ± 1,2 діб; T_{50} малополярних інсектицидів клотіанідину та тіаметоксаму (неонікотиноїди) та фунгіцидів тираму, металаксилу, флудиоксонілу — 6—4 діб.

В рослинах озимого ріпаку найбільші початкові концентрації були виявлені для малополярних тіаметоксаму та клотіанідину: 10—11 мг/кг діючої речовини відповідно. Зменшення кількості пестицидів відбувається згідно з константою швидкості їх детоксикації і на рівні гігієнічних нормативів (межа визначення 0,01 мг/кг) ці діючі речовини виявляються на 30-ту добу. Менш полярний за них тирам, який застосовується з вчетверо меншою нормою, на 30-ту добу виявляється в кількості 0,35 мг/кг. Близькі до нього за полярністю металаксил-М та флудиоксоніл за рахунок малих норм витрати на рівні гігієнічних нормативів (межа визначення 0,02 мг/кг) виявляли вже на 20-ту добу. Комбінація різнополярних пестицидів дає можливість захистити сходи від комплексу ґрунтових і наземних шкідливих організмів до фази 2—4-х справжніх листків.

За обприскування рослин впродовж вегетаційного періоду також виконується залежність швидкості детоксикації пестицидів від їх полярності, але збільшується в кілька разів початковий токсичний потенціал. При застосуванні пестицидів способом обприскування рослин у фазу 2—4-х справжніх листків, початкове навантаження на агроценоз в 3—10 разів перевищує відповідні показники за протруювання (табл. 3).

2. Динаміка вмісту в рослинах та ґрунті протруйників насіння ріпаку озимого (Лісостеп, ґрунти — чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові; 2010—2014 рр.)

Препарат: (норма витрати, кг, л./т; мл, г/п.о.) діюча речовина (г/л, кг; г/п.о)	μ ± 0,05, Д /$C_и$	Виявлено (мг/кг) на...добу після сівби (фенофаза)					k ± 0,01, діб$^{-1}$
		10 (сходи)	20 (1—2 листки)	30 (2—4 листки)	50 (форм. розетки)	60 (форм розетки)	
Модесто,480 FS (12,5; 113,6): клотіанідин (400; 45,5) + бета-цифлутрин (80; 9,1) ТМТД, в.с.к. (3,0; 27,3): тирам (400; 10,9)	5,43 /4 1,13 /4 3,54 /3	10,95/2,75 0,02/0,08 0,95/0,10	0,45/0,02 0,01/0,06 0,53/0,06	0,02/н н/0,02 0,35/0,05	н/н н/0,01 н/н	н/н н/н н/н	0,23/0,18 0,13/0,08 0,15/0,11
Круізер OSR 322FS (15; 136,4): тіаметоксам (280; 38,2) + металаксил-М (33,3; 4,54) + флудиоксоніл (8; 1,1)	5,59 /3 3,00 /4 3,28 /4	9,45/0,55 0,50/н 0,10/н	0,50/0,01 н/н 0,02/н	0,01/н н/н н/н	н/н н/н н/н	н/н н/н н/н	0,23/0,17 0,17/0,10 0,18/0,11

Примітка: 1. н — не виявлено, при відповідній межі визначення (0,01—0,05 мг/кг); похибка δ <20% при P=0,95 і n=15.
2. В чисельнику — в рослинах, в знаменнику — у ґрунті.

Найбільший вихідний токсичний потенціал виявляли для інсектицида Фозалон (до 30 мг/кг) та фунгіцидів Манкоцеб (до 50 мг/кг), норма витрати яких становила 0,7 та 1,6 кг/га, відповідно. На 20-ту добу після застосування кількість в рослинах полярного манкоцебу була на межі кількісного визначення (0,01 мг/кг), а малополярного фозалону — 0,50—0,70 мг/кг. Більш полярний манкоцеб розпадався вдвічі швидше. За однакової швидкості розпаду і початкової концентрації неполярні піретроїди бета-цифлутрин (0,55—0,60 мг/кг) та зета-циперметрин (0,62—0,70 мг/кг), знаходились в рослинах на рівні 0,05 мг/кг на 20-ту добу при застосуванні з нормою витрати 0,075 та 0,100 кг/га.

За результатами досліджень процес детоксикації пестицидів в агроценозі ріпаку в умовах досліджень (Лісостеп, ГТК 1,4; ґрунти — чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові) проходить за експоненційною моделлю при різних технологіях застосування, а константи швидкості детоксикації знаходяться в прямій залежності від поляр-

3. Динаміка вмісту пестицидів в рослинах ріпаку озимого (Лісостеп, ґрунти — чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові; 2010—2014 рр.)

Препарат: (норма витрати, кг, л/га); діюча речовина, г/га	μ ± 0,05, Д/$C_н$	Виявлено (мг/кг) на...добу фенофаза					k ± 0,01, діб$^{-1}$
		1 2—4 листки	4	7	10 4—6 листків	20 формув. розетки	
Бульдок, КЕ (0,3):							
бета-цифлутрин, 7,5	1,13/4	0,55	0,36	0,25	0,15	0,05	0,12
		-	0,340	0,237	0,166	0,050	
Ф'юрі, КЕ (0,1):							
зета-циперметрин, 10	1,37/4	0,62	0,35	0,25	0,17	0,10	0,13
		-	0,369	0,250	0,168	0,046	
Золон 35, КЕ (2,0):							
фозалон, 700	2,62/4	27,5	15,53	8,35	5,60	0,75	0,16
		-	14,501	8,795	5,552	0,751	
Ридоміл Голд МЦ (2,5):							
металаксилу-М, 100	3,00/4	1,35	0,65	0,50	0,15	0,01	0,17
		-	0,684	0,432	0,122	0,045	
манкоцеб, 1600	6,00/6	48,7	18,65	10,00	4,55	0,01	0,24
		-	18,647	9,076	4,418	0,401	

Примітка: 1. В чисельнику — експериментальні, в знаменнику — розрахункові дані.

ності сполук. Експериментальні дані збігаються з розрахунковими на 80—95%.

В ґрунті детоксикація пестицидів відбувалась за тими ж закономірностями, що і для рослин, однак в 1,2—1,5 раза повільніше.

Встановлено, що залежність константи швидкості детоксикації (k, доба$^{-1}$) від дипольного моменту сполуки (**μ**, Д) є кореляцією і в умовах Лісостепу описується рівнянням:

для рослин озимого ріпаку $\mathbf{k_р = 0,10+0,024\mu\ (R^2 = 0,81);}$ (5)

для ґрунту $\mathbf{k_г = 0,061+0,014\mu\ (R^2 = 0,79).}$ (6)

Отже, процеси детоксикації різних за призначенням пестицидів в агроценозі ріпаку в умовах лісостепової зоні на 80% залежать від полярності сполук, що зумовлює їх властивості. Визначивши дипольні моменти пестицидів та початковий токсичний потенціал за константою швидкості детоксикації можна прогнозувати їх поведінку в об'єктах агроценозу та регламентувати їх застосування, що дає змогу уникнути забруднення урожаю та навколишнього середовища.

Для працюючих із шкідливими речовинами використовується класифікація, яка представлена ДСТУ 12.1.007-76 і за якою речовини діляться на 4 класи: I — високо небезпечні, П — небезпечні, Ш — помірно небезпечні та IV — малонебезпечні. Для оцінки небезпечності застосування пестицидів краще використовувати інтегральний показник — ступінь небезпечності застосування ($\mathbf{C_н}$), який враховує

як токсиколого-гігієнічний ($\mathbf{K_А}$) так і екотоксикологічний ($\mathbf{K_Б}$) аспекти застосування препарату.

Класифікація представлена шкалою, яка містить сім ступенів, що визначають за рівнянням:

$$\mathbf{C_н = (K_А + K_Б) — 1.} \quad (7)$$

Клас небезпечності $K_А$ та $K_Б$ встановлюють залежно від показників токсичності та стійкості пестицидів в агроценозах. Ступінь небезпечності характеризує пестицидні сполуки таким чином: дуже небезпечні 1—2 ступінь, небезпечні — 3 ступінь (LD_{50} для щурів 20—200 мг/кг, період напіврозпаду в рослинах та ґрунті T_{50} 20—5 діб), помірно небезпечні — 4—5 ступінь (LD_{50} для щурів 200—2000 мг/кг, період напіврозпаду в рослинах та ґрунті T_{50} 5—3 діб) та малонебезпечні — 6—7 ступінь (LD_{50} для щурів більше 2000 мг/кг, період напіврозпаду в рослинах та ґрунті T_{50} менш 3 діб**).** Найбільш небезпечними є неполярні сполуки 1—3 ступеня небезпечності. Це ліпофільні сполуки, що не розчинні у воді, добре розчиняються у жирах, мають кумулятивні властивості, можуть накопичуватись за харчовими ланцюгами, в більшості це інсектициди. До малонебезпечних сполук 6—7 ступеня відносяться полярні сполуки — гербіциди та регулятори росту і розвитку рослин. Слід враховувати, що ця класифікація є відносною, тобто полярні гербіциди та регулятори росту і розвитку є біологічно дуже активними речовинами стосовно рослин. До малонебезпечних сполук вони відносяться за рахунок вибірковості дії, ефективності з малими нормами витрат та швидкості детоксикації. За інтегральною 7-ступеневою класифікацією, яка враховує токсиколого-гігієнічні та екотоксикологічні показники, основний асортимент пестицидів, що застосовується для захисту ріпаку озимого, складають малополярні помірно та малонебезпечні сполуки (4—5 ступінь). До небезпечних (2—3 ступінь) відносяться неполярні інсектициди із класу піретроїдів, ФОС; до полярних малонебезпечних (6—7 ступінь) — гербіциди.

ВИСНОВКИ

Полярність сполук, які належать до різних органічних класів, зумовлює їх властивості, а класифікація пестицидів за ступенем небезпечності дозволяє прогнозувати екотоксичну дію в агроценозах та регламентувати їх безпечне застосування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. *А.с.* 1296930 СССР МКИ А 1 G 01 N 30/96 Способ определения дипольного момента органических соединений / В.Н. Кавецкий, Л.И. Бублик (СССР). — № 3753317; заявл. 19.06.84; опубл.15.03.87, Бюл. № 10. — С. 11—13.

2. *Бублик Л.І.* Теоретичні основи та методи моніторингу пестици-

дів в агроценозах: дис. ...д-ра с.-г. наук: 06.00.13 / Бублик Людмила Іванівна. — К., 1995. — 246 с.

3. *Крук І.В.* Екотоксикологічне обґрунтування застосування пестицидів при вирощуванні ріпаку озимого в Україні: дис. ... канд.. с.-г. наук: 03.00.16: «Екологія» / Крук Іван Володимирович. — К., 2013. — 181 с.

4. *Охрана* окружающей среды при использовании пестицидов / Л.И. Бублик, В.П. Васильев, Н.А. Гороховский и др., под ред. В.П. Васильева. — К.: Урожай, 1983. — 181 с.

5. *Поліщук А.А.* Шкідливі організми — особливості розвитку шкідливих організмів в посівах ріпаку в умовах 2012 року / А.А. Поліщук, І.В. Крук, В.М. Чайка, Т.М. Неверовська // Карантин і захист рослин. — 2013 — № 4. — С. 15—18.

6. *Стратегія* і тактика захисту рослин. Стратегія / В.П. Федоренко, Л.І. Бублик, Н.О. Козуб та ін.; за ред. В.П. Федоренко. — К.: Альфа-стевія, 2012. — т. 1. — 497 с.

7. *Стратегічні* культури / С.О. Трибель, С.В. Гетьман, О.І. Борзих, О.О. Стригун; за ред. С.О. Трибеля. — К.: Фенікс, 2012. — 368 с.

8. *Трибель С.О.* Захист рослин — реальний напрям збільшення виробництва рослинницької продукції / С.О. Трибель, О.О. Стригун // Захист і карантин рослин. — 2013. — Вип. 59. — С. 324—336.

9. *Чайка В.Н.* Озимый рапс в Украине / В.Н. Чайка, Т.М. Неверовская, А.А. Бахмут и др. // Защита и карантин растений. — 2013. — № 10. — С. 38—41.

Крук И.В. Экотоксическое действие пестицидов в агроценозе рапса озимого

На примере рапса озимого доказано, что экотоксическое действие пестицидов в агроценозах обусловлено полярностью веществ, а интегральным показателем является степень опасности ($C_{оп}$), которую определяют по 7-балльной шкале. Наиболее опасны неполярные соединения 1—3 степени и частично малополярные 4 степени, которые относятся к I—II классу по токсичности или стойкости.

Kruk I.V. Ecotoxic effect of pesticides in agrocoenosis of winter rape

On the example of winter rape we demonstrate, that ecotoxic effect of pesticides in agrocoenosis is caused by the polarity of compounds, and hazard level of (C_r), calculated on a 7 point scale, is an integral indicator. Mostly dangerous are non polar compounds of 1—3 hazard level and partly low polarity ones of the 4th level, which belong to 1 and 2 grade level by the degree of toxicity and resistance.