

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ У КОРМОВИХ АГРОЕКОСИСТЕМАХ ПОЛІССЯ

І. О. ПАВЛЮК*, асистент кафедри технології зберігання та переробки продукції рослинництва, <https://orcid.org/0000-0001-9603-4608>

Поліський національний університет

E-mail: iryna_pav@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.004>

Анотація. *Актуальність представлених досліджень зумовлена глобальним зростанням екотоксикологічних навантажень у агроєкосистемах, яке має загрозу збільшення у трофічному ланцюгу рослина-тварина-людина, що характерний саме для кормових агроєкосистем. Представлені у даній науковій публікації результати отримано у короткотривалому польовому досліді Інституту сільського господарства Полісся НААНУ впродовж 2016-2018 р.р., розгорнутому на дерново-середньопідзолистих ґрунтах в Коростенському агроґрунтового районі Центрального Полісся. Дослід проводився у 3-пільній кормовій сівоzmіні люпин вузьколистий- пшениця озима - кукурудза на зелену масу, де вивчалася ефективність гербіцидів IV покоління та їхніх бакових сумішей із гербіцидами I покоління. Застосування гербіцидів у досліджуваній сівоzmіні дозволило зберегти врожай зерна люпину вузьколистого - до 0,28-0,60 т/га (+25,2 %...+54,1 % до контролю), пшениці озимої – до 0,39-0,77 т/га (+17,5 %...+32,5 % до контролю), кукурудзи на зелену масу - на рівні 17,3-34 т/га (+156 %...+306 % до контролю). Максимальний ефект мала система захисту на основі бакових сумішей гербіцидів I та IV поколінь: люпин вузьколистий (Прадо+ Базагран) – пшениця озима (Гранстар Про 75 + Пріма) – кукурудза на зелену масу (Тітус+ Пріма), але забезпечила зростання ризику екотоксикологічного забруднення агроєкосистеми у 17 разів порівняно із системою на основі гербіцидів IV покоління (Прадо, Гранстар Про та Тітус), підтримуючи ризик екотоксикологічного навантаження у кормовій агроєкосистемі у межах «малонебезпечного».*

В умовах великої кількості гербіцидів на ринку для обґрунтованості економічної та екологічної доцільності вибору препарату виробник потребує відомостей про компенсацію екотоксикологічного навантаження у агроєкосистемі приростом врожайності (зменшенням забур'яненості), тому було запропоновано додатковий показник – коефіцієнт виправданості екологічного ризику ($K_{\text{ВЕР}}$), який вказує, якою часткою додаткового врожаю компенсується збільшення вірогідного забруднення ґрунту пестицидом. За результатами оцінки АЕТІ та $K_{\text{ВЕР}}$ було доведено, що в цілому для ротації досліджуваної кормової сівоzmіни найменш екологічно ризикованою та виправданою приростами врожайності є така система захисту рослин від бур'янів на основі гербіцидів IVпокоління: Люпин вузьколистий (Прадо) – Пшениця озима (Гранстар Про) – кукурудза на зелену масу (Тітус), яка забезпечує компенсацію збільшення

* Науковий керівник: О. А. Саюк – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Павлюк І. О.

вірогідного забруднення ґрунту проростом врожайності культур в середньому за ротацію сівозміни на рівні 209 т. кормових одиниць на умовний кілограм вірогідного забруднення ґрунту гербіцидами.

Ключові слова: гербіциди, кормова сівозіна, екотоксикологічне навантаження, екологічний ризик

Актуальність дослідження екологічних ризиків застосування гербіцидів у польових агроєкосистемах Полісся зумовлена глобальним зростанням екотоксикологічних навантажень у агроєкосистемах, що створює загрозу здоров'ю людини, яка є кінцевим споживачем продукції. Для кормових агроєкосистем актуальність цієї проблеми збільшується, що зумовлено наявністю проміжної ланки трофічного ланцюга від фотоценозу до людини – тварини, продукцію якої споживає людина (молоко, м'ясо, яйця тощо). Якщо врахувати здатність решток гербіцидів до акумуляції в організмах тварин, продукцію яких споживатиме людина, то загроза інтоксикації організму людини збільшується. Тому для контролю екотоксикологічного навантаження в кормових агроєкосистемах потрібно приділяти велику увагу. Розкриттю даної проблеми і присвячено представлену наукову публікацію.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що оцінці екологічних ризиків, що виникають внаслідок застосування гербіцидів у кормових сівозінах, приділяється вкрай мало уваги. Акценти наукових досліджень у полі

екотоксикологічних ризиків у агроєкосистемах ставляться переважно на садових та польових агроєкосистемах [1, 2]. Кормові агроєкосистеми оцінюються дуже обмежено, хоча заслуговують великої уваги через акумулятивний ефект у трофічному ланцюгу: рослина-тварина-людина[3]. Дослідники відзначають зменшення пестицидного навантаження в цілому від однієї обробки за рахунок введення у бакові суміші засобів захисту рослин IV-го покоління, які характеризуються 3-4 класами небезпеки, але констатують факт зростання загального агроєкотоксикологічного навантаження за рахунок збільшення кратності обробок [1, 4-7].

Наявні сьогодні методики оцінювання ризиків застосування пестицидів у агроєкосистемах базуються на визначенні агроєкотоксикологічного індексу [8-12]. При цьому зазначений показник характеризує загальний рівень пестицидного навантаження на основі 4-рівневої шкали оцінювання ступеню забруднення території. Проте цей підхід є дещо відірваним від показників врожайності та якості врожаю, які змінюються залежно від застосування пестицидів загалом та

Павлюк І. О.

гербіцидів зокрема [12]. Тому методика потребує удосконалення оцінки рівня екотоксикологічного навантаження в напрямку оцінки виправданості додаткового екотоксикологічного навантаження (ризик) показниками збереженого врожаю, що і має місце у даній науковій публікації.

Мета. Метою дослідження була порівняльна оцінка екологічних ризиків застосування гербіцидів у польовій агроєкосистемі Полісся на дерново-середньопідзолистих ґрунтах щодо формування екотоксикологічного навантаження на екосистему ґрунту.

Для забезпечення досягнення мети було поставлено ряд завдань: оцінити ефективність застосування окремих гербіцидів щодо зменшення забур'яненості посівів, оцінити ризик екотоксикологічного навантаження у агроєкосистемі кормової сівозміни (у середньому за ротацію та для окремих культур) за умов застосування гербіцидів першого та четвертого поколінь та їхніх поєднань між собою (у системі захисту або баковій суміші), оцінити інформативність отриманих даних та удосконалити методологічний підхід до оцінки екологічного ризику від застосування гербіцидів.

Об'єктом досліджень були процеси інтоксикації агроєкосистеми кормової сівозміни за умов застосування гербіцидів у різних варіантах дослідів.

Предметом досліджень були показники ефективності застосування гербіцидів та екотоксикологічного навантаження в агроєкосистемі кормової сівозміни.

Методи. Дослідження проводилися у польовому досліді Інституту сільського господарства Полісся НААНУ (Житомирська область, Коростенський район с. Грозино) у зоні Правобережного Полісся України протягом 2016-2018 рр. Територія польового дослідів знаходиться в Коростенському агроґрунтованому районі Центрального Полісся на акумулятивно-денудаційній рівнині.

Польовий дослід закладено на дерново-середньопідзолистому супіщаному ґрунті у 4-кратному повторенні. Дослід розгорнуто у 3-пільній кормовій сівозміні із наступним чергуванням культур: люпин вузьколистий на зерно – пшениця озима на зерно – кукурудза на зелену масу. Загальна площа ділянки дослідів – 247 м², облікова площа – 27 м². Розміщення дослідних ділянок - рендомізоване.

Ґрунти дослідного поля – дерново-середньопідзолисті супіщані. Перед закладанням дослідів агрохімічні показники були наступними: вміст гумусу 1,25 %, азоту валового – 0,0065 %, фосфору рухомих сполук – 110 мг/кг і калію обмінного – 70 мг/кг, рН_{KCl} – 5,0.

Схему дослідів наведено у табл. 1. Добрива у досліді не

Павлюк І. О.

застосовували. Основний обробіток ґрунту у всіх варіантах – оранка плугом ПЛН-3,35 на глибину 18-20 см під пшеницю озиму та люпин

вузьколистий, 20-22 см під кукурудзу на зелену масу, передпосівне та післяпосівне боронування.

1. Схема польового дослід з вивчення ефективності застосування гербіцидів у кормовій сівозміні

Варіант досліджу		Діюча речовина	Хімічний клас	Препаративна форма	Норма витрати препарат у	Концентрація діючоїречовини
№ ва-ріант у	Марка гербіцид у					
Люпин вузьколистий						
1	Контроль	(обробка водою)				
2	Прадо	Імазетапір	Імідазоліони	водний концентрат	0,5 л/га	100 г/л
3	Базагран	Бентазон	Бензотиадиазони	водний концентрат	2,5 л/га	480 г/л
4	Прадо+ Базагран	див. вар. 2, 3			0,4 л/га + 2,0 л/га	100 г/л +480 г/л
Пшениця озима						
1	Контроль	(обробка водою)				
2	Гранстар Про	трибенуронмети л	сульфонілсечовини	водно-диспергованігранул и	25 г/га	750 г/кг
3	Пріма	2,4-д 2-етилгексиловий ефір + флорасулам	похідні феноксиоцтової кислоти + триазолпіримідини	водна суспензія	0,5 л/га	300 г/л + 6,25 г/л
4	Гранстар Про + Пріма	див. вар. 2, 3			20 г/га + 0,4 л/га у баковій суміші	750 г/кг + 300 г/л + 6,25 г/л
Кукурудза на зелену масу						
1	Контроль	(обробка водою)				
2	Тітус	римсульфурон	сульфонілсечовини	водний концентрат	45 г/га	250 г/кг
3	Пріма	2,4-д 2-етилгексиловий ефір + флорасулам	похідні феноксиоцтової кислоти + триазолпіриміди ни	водна суспензія	0,5 л/га	300 г/л + 6,25 г/л
4	Тітус+ Пріма	див. вар. 2, 3			45 г/га + 0,4 л/га у баковій суміші	250 г/кг + 300 г/л + 6,25 г/л

Примітка: строки застосування гербіцидів:

- 1) пшениця озима: повне кушення – обприскування для всіх варіантів,
- 2) кукурудза: фаза 5 листків – обприскування для всіх варіантів,
- 3) люпин вузьколистий: Прадо - обприскування ґрунту до сівби, Базагран – обприскування у фазі 2-х пар справжніх листків.

Павлюк І. О.

Усі гербіциди застосовували у гербокритичні періоди: у посівах пшениці озимої – у фазу повного кущення, у посівах люпину вузьколистого – у фазу 2-х пар справжніх листків, у посівах кукурудзи – у фазу 3-5 листків. Витрата робочого розчину – 400 л/га, на контролі проводили оприскування посівів водою аналогічної витрати – 400 л/га.

Оцінку екологічного ризику застосування гербіцидів у польовій агроєкосистемі проводили за агроєкотоксикологічним індексом (за В. М. Кавецьким, Л. І. Бублик, 2002 р. [8]), статистичну обробку результатів досліджень проводили за методиками Б. А. Доспехова [13].

Результати. Дослідження впливу застосування гербіцидів на врожайність культур кормової сівозміни показали наступні результати. Врожай зерна люпину вузьколистого на контролі становив 1,11 т/га при забур'яненості 48,2 шт/га (460 г/га). При цьому біомаса бур'янів сягала 173 % від біомаси врожаю (основної та побічної продукції).

Застосування гербіцидів дозволило зберегти врожай зерна люпину вузьколистого на рівні 1,39-1,71 т/га (+25,2 %...+54,1 % до контролю), зменшивши забур'яненість посівів до 8,3...5,0 шт/га або 23,5...31,8 г/м² та забезпечивши співвідношення між

біомасою бур'янів та основною культурою від 8,54 %:100 % до 5,73 %:100 %. Найбільший ефект щодо збереження врожаю та зменшення забур'яненості мала бакова суміш гербіцидів Прадо+Базагран, її ефективність перевищила ефективність гербіциду Прадо на 26,2 % за врожайністю та на 0,8 % за ефектом зменшення маси бур'янів. Найменш ефективним виявився гербіцид I покоління Базагран.

Врожай зерна пшениці озимої на контролі становив 2,35 т/га при забур'яненості 51,4 шт/га (517 г/га). Маса бур'янів на контролі сягала 73 % від біомаси врожаю (основної та побічної продукції).

Застосування гербіцидів сприяло збереженню врожаю зерна пшениці озимої на рівні 2,74-3,12 т/га (+17,5 %...+32,5 % до контролю), зменшивши забур'яненість посівів до 4,9...3,1 шт/га або 39,8...29,2 г/м² та забезпечивши співвідношення між біомасою бур'янів та основною культурою від 4,84 %:100 % до 3,11 %:100 %.

Найбільший збереження врожаю та зменшення забур'яненості мала бакова суміш гербіцидів Гранстар Про+Пріма, її ефективність перевищила ефективність гербіциду Гранстар Про лише на 8,7 % за врожайністю та на 2,4 % за ефектом зменшення маси бур'янів. Найменш ефективним виявився гербіцид I покоління Пріма.

Павлюк І. О.

2. Урожайність культур кормової сівозміни та забур'яненість посівів перед збиранням врожаю

Варіантдослідуду	Чисельність бур'янів, шт./м ²	Загибель бур'янів, %	Масабур'янів, г/м ²	Зни-женнямас и, %	Урожайні сть, т/га	Прирістврожаю				
						т/га	т/га з.о.	т/га к.о.	ГДж/га	%
Люпин вузьколистий										
1. Контроль	48,2	0	460,4	0	1,11	0	0	0	0	0
2. Прадо	6	87,6	29,1	93,7	1,42	0,31	0,260	0,366	5,48	27,9
3. Базагран	8,3	83,8	31,8	93,1	1,39	0,28	0,235	0,330	4,95	25,2
4. Прадо+Базагран	5	89,7	23,5	94,5	1,71	0,6	0,504	0,708	10,6	54,1
НІР ₀₅ , т/га	1,18	-	1,88	-	0,11	-	-	-	-	-
Пшениця озима										
1. Контроль	51,4	0	517,1	0	2,35	0	0	0	0	0
2. Гранстар Про	4,3	91,6	41,2	92	2,91	0,56	0,560	0,717	9,21	23,8
3. Пріма	4,9	90,5	39,8	92,3	2,74	0,39	0,390	0,499	6,42	17,5
4. Гранстар Про + Пріма	3,1	94	29,2	94,4	3,12	0,77	0,770	0,986	12,7	32,5
НІР ₀₅ , т/га	1,72	-	1,12	-	0,123	-	-	-	-	-
Кукурудза на зелену масу										
1. Контроль	42,4	0	458,2	0	11,1	0	0	0	0	0
2. Тітус	10,2	75,9	85,3	81,4	28,4	17,3	2,94	2,60	70,8	155,9
3. Пріма	11	74,1	89,1	80,6	30,1	19	3,23	2,85	77,8	171,2
4. Тітус+ Пріма	7,3	82,7	60,7	86,8	45,1	34	5,78	5,10	139	306,3
НІР ₀₅ ,	2,80	-	17,4	-	1,48	-	-	-	-	-

Примітка: з. о. – зернові одиниці

к. о. – кормові одиниці

Павлюк І. О.

Врожай зеленої маси кукурудзи на контролі сягав 1,12 т/га при забур'яненості 42,4 шт/га (458 г/га). При цьому біомаса бур'янів сягала 412 % від біомаси кукурудзи на зелену масу.

Застосування гербіцидів дозволило зберегти врожай зеленої маси кукурудзи на рівні 2,84...4,51 т/га (+155 %...+306 % до контролю), зменшивши забур'яненість посівів до 10,2...7,3 шт/га або 85,3...60,7 г/м² та забезпечивши співвідношення між біомасою бур'янів та основною культурою від 30,0 %:100 % до 13,5 %:100 %. Найбільший ефект у боротьбі із бур'янами мала бакова суміш гербіцидів Тітус + Пріма, її ефективність перевищила ефективність гербіциду I покоління Пріма на 135 % за врожайністю та на 24,6 % за ефектом зменшення маси бур'янів. Найменш ефективним виявився гербіцид IV покоління Тітус.

Отже, найбільший ефект збереження врожаю та тривалий ефект зменшення забур'яненості посівів забезпечило застосування бакових сумішей гербіцидів IV покоління з гербіцидами I покоління, що спричиняє додаткове екотоксикологічне навантаження на кормову агроєкосистему. Тому обґрунтування доцільності застосування двох типів гербіцидів у баковій суміші на досліджуваних культурах повинно базуватися не лише на ефекті приросту врожайності

та зменшення забур'яненості посівів, а й на ефекті зміни показників екотоксикологічного навантаження (табл. 3).

Як показали розрахунки, у середньому за ротацію кормової сівозміни за варіантами досліду АЕТІ коливається у межах 0,0000344...0,00048, що свідчить про «малонебезпечний» ризик екотоксикологічного навантаження у кормовій агроєкосистемі.

Якщо порівняти ризики екотоксикологічного навантаження за окремими культурами сівозміни, то найбільш величина АЕТІ формується при вирощуванні люпину вузьколистого із використанням гербіциду Базагран (АЕТІ=0,00311), що перевищує відповідний АЕТІ від гербіциду Прадо у 42,3 рази, а від поєднання Прадо+Базагран – у 1,38 рази. На другому місці за ризиком токсикації агроєкосистеми знаходиться гербіцид Пріма, який забезпечує АЕТІ на рівні 0,000191 та перевищує відповідний АЕТІ від застосування Гранстар Про в посівах пшениці у 12,5 разів, а від поєднання Гранстар Про + Пріма – у 1,10 рази.

У посівах кукурудзи на зелену масу максимальний АЕТІ також забезпечує застосування гербіциду Пріма (АЕТІ=0,000191), що перевищує відповідний показник за умов застосування гербіциду Тітус у 18,9 рази, тоді як від поєднання Тітус + Пріма – у 1,19 рази.

3. Агроекотоксикологічне навантаження від застосування гербіцидів у кормовій сівоzmіні на дерново-підзолистому ґрунті

Культура сівоzmіни	Варіант дослід	Ступінь небезпечності	Екотоксикологічна доза, кг/га д.р.	Інтегральний ступінь небезпечності	Інтегральний показник вірогідного забруднення ґрунту	Агроекотоксикологічний індекс
		C _i	m _i	C _н	U, ум. кг/га	АЕТІ
Люпин вузьколистий	Прадо	3	0,050	3,00	0,033	0,0000735
	Базагран	5	0,80	5,00	0,480	0,00311
	Прадо+ Базагран		1,00	4,92	0,406	0,00226
Пшениця озима	Гранстар Про	3	0,019	3,00	0,0075	0,0000153
	Пріма	4	0,153	4,00	0,0765	0,000191
	Гранстар Про + Пріма		0,138	3,89	0,071	0,000173
Кукурудза на зелену масу	Тігус	5	0,013	5,00	0,005	0,0000101
	Пріма	4	0,153	4,00	0,0765	0,000191
	Тігус+ Пріма		0,135	4,09	0,066	0,00016
За ротацію сівоzmіни	Гранстар Про / Прадо / Тігус		0,0271	3,31	0,0164	0,0000344
	Пріма / Базагран / Пріма		0,369	4,72	0,156	0,00048
	Гранстар Про + Пріма / Прадо+ Базагран / Тігус+ Пріма		0,424	4,72	0,180	0,00059

Павлюк І. О.

Отже, застосування гербіцидів Іпокоління (Базагран, Пріма) хоча і формує «малонебезпечний» ступінь екологічного ризику для агроєкосистеми кормової сівозміни, але є недоцільним, оскільки підвищує ризик екотоксикологічного навантаження у 12,5...42,3 рази порівняно із гербіцидами ІVпокоління (Прадо, Гранстар Про, Тітус).

Проведена оцінка екологічного ризику від застосування гербіцидів у кормовій агроєкосистемі не показала, наскільки збільшення екологічного ризику екотоксикологічного забруднення агроєкосистеми компенсується приростами врожаю та зменшенням забур'яненості посівів, хоча екологічно свідомий та відповідальний перед споживачем агровиробник хотів би це знати. Огляд останніх літературних джерел засвідчив відсутність показників такої оцінки. Тому з метою забезпечення оцінки компенсації збільшення екотоксикологічного навантаження у агроєкосистемі за рахунок приросту врожайності (зменшення забур'яненості) ми рекомендуємо додатковий показник – **коефіцієнт виправданості екологічного ризику ($K_{\text{ВЕР}}$)**.

Коефіцієнт виправданості екологічного ризику ($K_{\text{ВЕР}}$) – показник, який вказує, якою часткою додаткового врожаю компенсується збільшення екологічного вірогідного

забруднення ґрунту пестицидом на одиницю (1 ум. кг).

$K_{\text{ВЕР}}$ розраховується за формулою:

$$K_{\text{ВЕР}} = \frac{\Delta U}{\Delta U}, \quad \text{т/ум. кг(1)}$$

де: ΔU – приріст (збереження) врожаю сільськогосподарської культури, отриманий внаслідок застосування пестициду (групи пестицидів), т/га

ΔU – приріст інтегрального показника вірогідного забруднення ґрунту (U) внаслідок застосування пестициду (групи пестицидів), ум. кг/га

$$\Delta U = U_{\text{вар}} - U_{\text{контр}}, \quad \text{т/га(2)}$$

$$\Delta U = U_{\text{вар}} - U_{\text{контр}}, \quad \text{ум. кг/га(3)}$$

де $U_{\text{вар}}$ – урожайність культури на досліджуваному варіанті (із пестицидом), т/га;

$U_{\text{контр}}$ – урожайність культури на контролі (без пестицида), т/га;

$U_{\text{вар}}$ – інтегральний показник вірогідного забруднення ґрунту на досліджуваному варіанті (із пестицидом), ум. кг/га;

$U_{\text{контр}}$ – інтегральний показник вірогідного забруднення ґрунту на контролі (без пестицида), ум. кг/га.

Для полегшення зведення та оцінки даних в цілому за ротацію сівозміни та порівняння ефективності пестицидів на різних культурах сівозміни між собою додатковий врожай (приріст до контролю – без пестицидів) доцільно виражати:

Павлюк І. О.

- для польових сівозмін та культур - у зернових одиницях,
- для кормових сівозмін та культур – у кормових одиницях ,
- для енергетичних насаджень (посівів / сівозмін) – у енергетичних одиницях.

Відповідні результати коефіцієнта виправданості екологічного ризику за варіантами нашого польового досліджу представлено на рис. 1 (за різними одиницями врожаю). За даними рис. 1 видно, що залежно від одиниць урожайності (відповідно до призначення сівозміни) отримуємо різні значення K_{BEP} , що логічно обґрунтовано призначенням сівозміни та пояснюється різним енергетичним, кормовим та харчовим еквівалентом оцінки біомаси врожаю тої самої сільськогосподарської культури. У нашому випадку для кормової сівозміни ми повинні орієнтуватися на кормові одиниці врожайності сільськогосподарських культур. За даними рис. 1 можна зробити наступні висновки, які не суперечать попереднім, а лише підсилюють та доповнюють їх:

1) застосування гербіцидів IV покоління (Прадо, Гранстар Про, Тітус) для захисту культур кормової сівозміни від бур'янів компенсується приростом врожаю культур сівозміни 11,0...159 т. кормових одиниць на умовний кілограм інтегрального забруднення ґрунту гербіцидом;

2) серед культур досліджуваної кормової сівозміни найбільш виправдане і доцільне застосування гербіцидів у посівах кукурудзи на зелену масу, після чого – пшениці озимої на зерно і найменш виправдане – у посівах люпину вузьколистого;

3) серед усіх застосовуваних гербіцидів у сівозміні найбільш ефективним з точки зору компенсації екотоксикологічного ризику є застосування гербіциду Тітусу посівах пшениці озимої ($K_{BEP} = 519$ т. к. о. / ум. кг).

4) у цілому для ротації досліджуваної кормової сівозміни найменш екологічно ризикованою та виправданою приростами врожайності є така система захисту рослин від бур'янів : Люпин вузьколистий (Прадо) – Пшениця озима (Гранстар Про) – Кукурудза на зелену масу (Тітус).

Павлюк І. О.

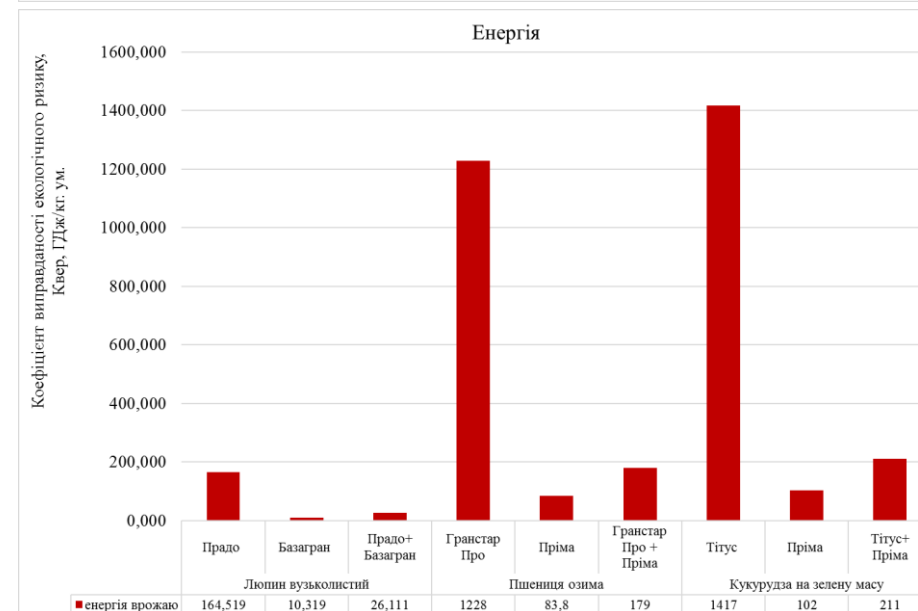
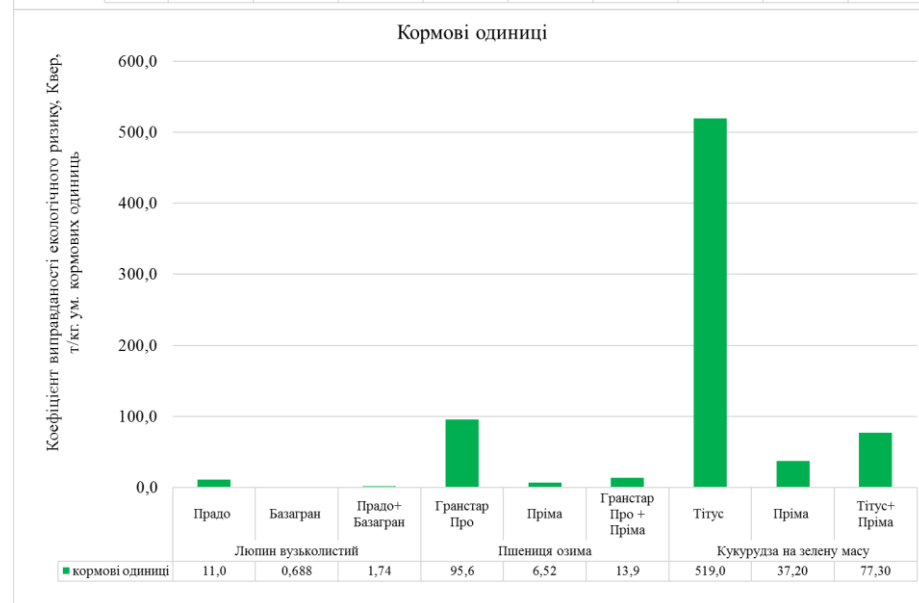
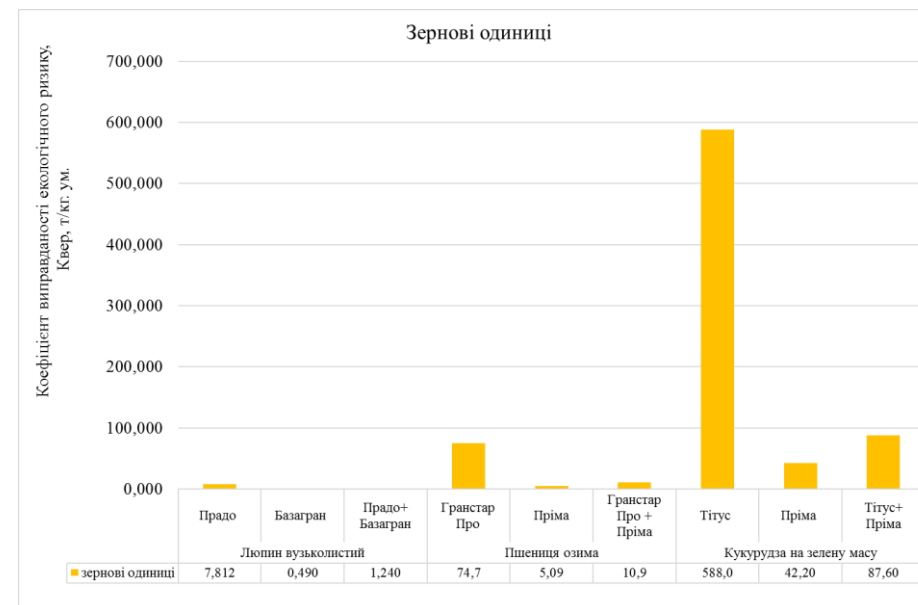
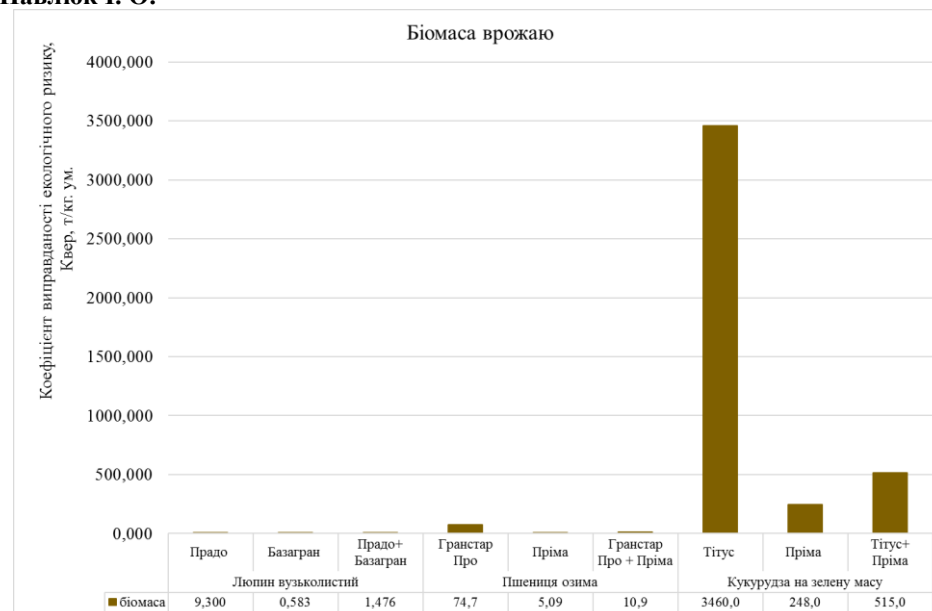


Рис.1. Коефіцієнти виправданості екологічного ризику (за різними одиницями показника приросту врожаю)

Павлюк І. О.

Висновки і перспективи.

1. Застосування гербіцидів у кормовій сівоzmіні на дерново-середньопідзолистих ґрунтах дозволило зберегти врожай зерна люпину вузьколистого - до 0,28-0,60 т/га (+25,2 %...+54,1 % до контролю), пшениці озимої – до 0,39-0,77 т/га (+17,5 %...+32,5 % до контролю), кукурудзи на зелену масу - на рівні 17,3-34 т/га (+156 %...+306 % до контролю), при цьому найбільш ефективною була система захисту на основі бакових сумішей гербіцидів I та IV поколінь: люпин вузьколистий (Прадо+ Базагран) – пшениця озима (Гранстар Про 75 + Пріма) – кукурудза на зелену масу (Тітус+ Пріма), яка збільшила ризик екотоксикологічного забруднення агроєкосистеми у 17 разів порівняно із системою на основі гербіцидів IV покоління, не виводячи рівень ризику із зони «малонебезпечного»; застосування гербіцидів I покоління (Базагран, Пріма) порівняно із гербіцидами IV покоління (Прадо, Гранстар Про, Тітус) є недоцільним за рахунок збільшення ризику екотоксикологічного навантаження у 12,5...42,3 рази порівняно із гербіцидами IV покоління.

2. З метою оцінки компенсації збільшення екотоксикологічного

навантаження у агроєкосистемі за рахунок приросту врожайності (зменшення забур'яненості) рекомендовано додатковий показник - **коефіцієнт виправданості екологічного ризику ($K_{\text{вер}}$)**, який вказує, якою часткою додаткового врожаю компенсується збільшення вірогідного забруднення ґрунту пестицидом на одиницю, за результатами якого було доведено, що в цілому для ротації досліджуваної кормової сівоzmіні найменш екологічно ризикованою та виправданою приростами врожайності є така система захисту рослин від бур'янів : Люпин вузьколистий (Прадо) – Пшениця озима (Гранстар Про) – кукурудза на зелену масу (Тітус), яка забезпечує компенсацію збільшення вірогідного забруднення ґрунту проростом врожайності культур в середньому за ротацію сівоzmіні на рівні 209 т. кормових одиниць на умовний кілограм вірогідного забруднення ґрунту гербіцидами.

Перспективою подальших досліджень є удосконалення системи оцінки ризиків екотоксикологічного навантаження у агроєкосистемах із залученням додаткових даних про якість врожаю та забур'яненість посівів.

Список використаних джерел

1. Павлюк С. Д. Оцінка екологічного ризику застосування пестицидів у плодових насадженнях. Наукові доповіді НУБіП України. 2014. URL:

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/viewFile/1143/1097>.

2. Радионовская Я. Э. Оценка экологического риска применения пестицидов при защите виноградных

Павлюк І. О.

насаджений України от вредных организмов. Виноградарство и виноделие. 2012. URL:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25088239>

3. Pesticide monitoring and ecotoxicological risk assessment in surface water bodies and sediments of a tropical agroecosystem [E. Carazo-Rojas, G. Pérez-Rojas, M. Pérez-Villanueva та ін.] // Environmental Pollution. 2018. URL:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29909306>. doi: 10.1016/j.envpol.2018.06.020.

4. Караульна В.

Екотоксикологічна оцінка пестицидної навантаження на території господарювання Ставищенського району Київської області. Сбалансоване природопольовання. 2015. URL:

<https://ideas.repec.org/a/bnu/journal/v4y2015i2p143-146.html>.

5. Тойгильдіна І. А., Тойгильдін А. Л., Еремін С. А. Екотоксикологічна оцінка застосування пестицидів на території Ульяновської області. Вестник Ульяновської ГСХА. 2014. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekotoksikologicheskaya-otsenka-primeneniya-pestitsidov-na-territorii-ulyanovskoy-oblasti>.

6. Кулікова Н. А., Лебедева Г. Ф. Гербициди і екологічні аспекти їх застосування. Москва: Книжний дім «ЛІБРОКОМ», 2010. 152 с.

7. Руда Л. А. Біологічна активність і токсикологічні властивості гербицидів похідних сульфонілсечовини. Проблеми харчування. 2009. №1. С. 53-59.

8. Пати́ка В. П., Тара́шко О. Г. Агроєкологічний моніторинг сільськогосподарських земель Київ: Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.

9. Кавецький В. М., Козьякова Н. О. Екотоксикологічний моніторинг агроценологічного покриття (концепція та критерії оцінки стану агроценозів). Науковий вісник НАУ. 2002. №2. С. 24-30.

10. Кавецький В. М. Екотоксикологічне обґрунтування застосування засобів хімізації. Агроєкологічний журнал. 2002. №2. С. 24-30.

11. Кавецкий В. Н., Багацкая Е. Н. Система экотоксикологических исследований окружающей среды — основа обеспечения внутреннего динамического равновесия экосистем. Современные проблемы токсикологии. 2006. URL: http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/toxicology/2006/2_2006/str59.pdf.

12. Sánchez-Bayo F., Tennekes H. A. Environmental Risk Assessment of Agrochemicals — A Critical Appraisal of Current Approaches. Toxicity and Hazard of Agrochemicals. 2015. URL: <https://www.intechopen.com/books/toxicity-and-hazard-of-agrochemicals/environmental-risk-assessment-of-agrochemicals-a-critical-appraisal-of-current-approaches>. doi: 10.5772/60739.

13. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с. (5-е изд., доп. и перераб.).

References

1. Pavliuk, S. D. (2014). Otsinka ekolohichnoho ryzyku zastosuvannya pestytsydiv u plodovykh nasadzhenniakh [Otsinka ekolohichnoho ryzyku zastosuvannya pestytsydiv u plodovykh nasadzhenniakh]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/viewFile/1143/1097> [in Ukrainian].

2. Radionovskaya, Ya. E. (2012). Otsenka ekologicheskogo riska primeneniya pestitsidov pri zaschite vinogradnykh nasazhdeniy v Ukrainy i otvrednykh organizmov [Otsenka ekologicheskogo riska primeneniya pestitsidov pri zaschite vinogradnykh nasazhdeniy Ukrainy i ot vrednykh organizmov]. *Vinogradarstvo i vinodelie*. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25088239> [in Russian].

3. Carazo-Rojas, E., & Pérez-Rojas, G., & Pérez-Villanueva, M. & others. Pesticide monitoring and ecotoxicological risk assessment in surface water bodies and sediments of a tropical agro-ecosystem [Pesticide monitoring and ecotoxicological risk

Павлюк І. О.

assessment in surface water bodies and sediments of a tropical agro-ecosystem]. *Environmental Pollution*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29909306>. doi: 10.1016/j.envpol.2018.06.020/ [in English].

4. Karaulna, V. (2015). Ekotoksikologicheskaya otsenka pestitsidnoy nagruzki na territorii hozyaystvovaniya Stavischenskogo rayona Kievskoy oblasti [Ekotoksikologicheskaya otsenka pestitsidnoy nagruzki na territorii hozyaystvovaniya Stavischenskogo rayona Kievskoy oblasti]. *Sbalansirovannoe prirodopolzovanie*. Available at: <https://ideas.repec.org/a/bnu/journal/v4y2015i2p143-146.html/> [in Russian].

5. Toygildina, I. A. & Toygildin, A. L. & Eremina, S. A. Ekotoksikologicheskaya otsenka primeneniya pestitsidov na territorii Ulyanovskoy oblasti [Ekotoksikologicheskaya otsenka primeneniya pestitsidov na territorii Ulyanovskoy oblasti]. *Vestnik Ulyanovskoy GSHA*. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekotoksikologicheskaya-otsenka-primeneniya-pestitsidov-na-territorii-ulyanovskoy-oblasti/> [in Russian].

6. Kulikova N. A. (2010). Gerbitsidy i iekologicheskies aspekty iih primeneniya [Gerbitsidy i ekologicheskies aspekty ih primeneniya]. Moscow: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 152. [in Ukrainian].

7. Ruda L. A. (2009). Biologichnaaktyvnistitoksikologichnivlastyvo stiherbitsydivpokhidnykh sulfonilsechovyny. *Problemy kharchuvannya*, 1, 53 – 59. [in Ukrainian].

8. Patyka V. P., Tarariko O. H. (2002). Ahroekologichnyi monitorynh silskohospodarskykh zemel [Ahroekologichnyi monitorynh silskohospodarskykh zemel]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 296. [in Ukrainian].

9. Kavetskyi V. M. (2002). Ekotoksikologichnyi monitorynh ahrotsenotychnoho pokryvu (kontseptsiiia ta kryterii otsinky stanu ahrotsenoziv). *Naukovyivisnyk NAU*, 2, 24 – 30. [in Ukrainian].

10. Kavetskyi V. M. (2002). Ekotoksikologichne obgruntuvannya zastosuvannya zasobiv khimizatsii. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 2, 24 – 30. [in Ukrainian].

11. Kavetskiy, V. N. & Bagatskaya, E. N. (2006). Sistema ekotoksikologicheskikh issledovaniy okruzhaya-yuscheysredy — osnova obespecheniya vnutrennego dinamicheskogo ravnovesiya ekosistem. [Cistema ekotoksikologicheskikh issledovaniy okruzhaya-yuscheysredy — osnova obespecheniya vnutrennego dinamicheskogo ravnovesiya ekosistem]. *Sovremennyye problem itoksikologii*. Available at: http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/toxicology/2006/2_20/ [in Russian].

12. Sánchez-Bayo, F. & Tennekes, H. A. (2015). Environmental Risk Assessment of Agrochemicals — A Critical Appraisal of Current Approaches [Environmental Risk Assessment of Agrochemicals — A Critical Appraisal of Current Approaches]. *Toxicity and Hazard of Agrochemicals*. Available at: <https://www.intechopen.com/books/toxicity-and-hazard-of-agrochemicals/environmental-risk-assessment-of-agrochemicals-a-critical-appraisal-of-current-approaches>. doi: 10.5772/60739/ [in English].

13. Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki re-zultatov issledovaniy). (1985). [Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)]. Moscow: Agropromizdat, 351. [in Russian].

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В КОРМОВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМАХ ПОЛЕСЬЯ

И. А. Павлюк

Аннотация. Актуальность представленных исследований обусловлена глобальным ростом экотоксикологических нагрузок в агроэкосистемах, которые имеет угрозу увеличения в трофической цепи растение-животное-

Павлюк І. О.

человек, характерной именно для кормовых агроэкосистем. Представленные в данной научной публикации результаты получены в кратковременном полевом опыте Института сельского хозяйства Полесья УААН в течении 2016-2018 г.г., развернутом на дерново-среднеподзолистых почвах в Коростенском агропочвенном районе Центрального Полесья. Опыт проводился в 3-польном севообороте люпин узколистный-пшеница озимая - кукуруза на зеленую массу, где изучалась эффективность гербицидов IV поколения и их баковых смесей с гербицидами I поколения. Применение гербицидов в исследуемом севообороте позволило сохранить дополнительный урожай зерна люпина узколистного - до 0,28-0,60 т / га (+25,2 % ... + 54,1 % к контролю), пшеницы озимой - до 0,39 - 0,77 т / га (+17,5 % ... + 32,5 % к контролю), кукурузы на зеленую массу - на уровне 17,3-34 т / га (+156 % ... + 306 % к контролю). Максимальный эффект имела система защиты на основе баковых смесей гербицидов I и IV поколений: люпин узколистный (Прадо + Базагран) – пшеница озимая (Гранстар Про 75 + Прима) - кукуруза на зеленую массу (Титус + Прима), но обеспечила рост риска экотоксикологического озагрязнения агроэкосистемы в 17 раз по сравнению с системой на основе гербицидов IV поколения (Прадо, Гранстар и Титус), хотя и поддерживала риск экотоксикологические нагрузки в кормовой агроэкосистеме на уровне «малоопасный».

В условиях большого количества гербицидов на рынке для обоснованности экономической и экологической целесообразности выбора препарата производитель требует сведений о компенсации экотоксикологической нагрузки в агроэкосистеме приростом урожайности (уменьшением засоренности), поэтому было предложено дополнительный показатель – коэффициент оправданности экологического риска (Квер), который указывает, какой долей дополнительного урожая компенсируется увеличение возможного загрязнения почвы пестицидом. По результатам оценки АЭТИ и Квер было доказано, что в целом для ротации исследуемого кормового севооборота наименее экологически рискованной и оправданной приростами урожайности является такая система защиты растений от сорняков на основе гербицидов IV поколения: люпин узколистный (Прадо) – пшеница озимая (Гранстар Про) - кукуруза на зеленую массу (Титус), которая обеспечивает компенсацию увеличения возможного загрязнения почвы прорастанием урожайности культур в среднем за ротацию севооборота на уровне 209 т. кормовых единиц на условный килограмм возможного загрязнения почвы гербицидами.

Ключевые слова: гербициды, кормовой севооборот, экотоксикологическая нагрузка, экологический риск

ENVIRONMENTAL RISKS OF HERBICIDES APPLICATION IN FORAGE AGROECOSYSTEMS OF POLESIA

I. O. Pavlyuk

Abstract. The relevance of the presented scientific results is caused by global ecotoxicological loads that is grown in agroecosystems. It has threat of toxicity

Павлюк І. О.

increase in the trophic chain plant-animal-human, which is the characteristic to forage agroecosystems.

The results are presented in the article were obtained in a short-term field experiment during 2016-2018 by the Institute of Agriculture of Polissia National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The experiment was realised on Luvisolic Ferro-Humic Podzol soils in the Korosten agricultural soil's region of Central Polesia.

The experiment was carried out in a 3-field crop rotation of Narrow-leaved Lupine - Winter wheat – Corn for green mass. The last one were grown for green mass. The effectiveness of IV-th generation herbicides and their tank mixtures with I-st-generation herbicides were studied.

The herbicides application gave additional yields of Narrow-leaved lupine - up to 0,28...0,60 t / ha (+ 25,2 % ... + 54,1 % in addition to control); Winter wheat - up to 0,39 -0,77 t / ha (+ 17,5 % ... + 32,5 % to control), Corn for green mass - up to 17,3-34,0 t / ha (+ 156 % ... + 306 % to control).

The maximum effect for prevention of crop losses and reduction of weed levels was exerted by the protection system based on tank mixtures of herbicides of I-st and IV-th generations: Narrow-leaved lupine (Prado + Bazagran) - Winter wheat (Granstar Pro 75 + Prima) - Corn for green mass (Titus + Prima). But it led to an increase ecotoxicological pollution risk to agroecosystem in 17 times compare to the system based on IV-th herbicides generation (Prado, Granstar and Titus), although it supported the risk of ecotoxicological loads in the forage agroecosystem at level of "low hazard". The application of I-st generation herbicides (Bazagran, Prima) is impractical, due to increased risk of ecotoxicological load by 12.5... 42.3 times compared to IV-th generation herbicides (Prado, Granstar Pro, Titus).

Under the conditions of a large number of herbicides on the market, the producer requires information on the compensation of the ecotoxicological load in the agroecosystem with yield growth (reduction of weediness) to justify the economic and environmental feasibility of the drug. Therefore, an additional indicator was proposed - the ecological risk justification coefficient (Cerj), which indicates what share of the additional crop is compensated by the increase in possible soil pollution with pesticides.

According to the results of the AETI and Cerj assessment, it was proved that, in general, for rotation of the studied fodder crop rotation, the least environmentally risky and justified yield increasable is such a system of plant protection against weeds based on IV-th herbicides generation: narrow-leaved lupine (Prado) - winter wheat (Granstar Pro) - corn for green mass (Titus), which provides compensation for the increase in possible soil contamination by germination of crop yields on average for crop rotation at the level of 209 tons of feed units per conventional 1 kilogram of possible herbicides soil contamination.

Key words: herbicides, fodder crop rotation, ecotoxicological load, environmental risk