УДК 631.153.3:631.45

П.І. Бойко, Д.В. Літвінов, доктори сільськогосподарських наук
ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА

У статті наведено результати багаторічних досліджень (2004-2013 рр.) з вивчення короткоротаційних 2, 3, 4- і 5-пільних сівозмін у тривалому досліді на чорноземі типовому нестійкого зволоження Лісостепу. Виявлено вплив ведення короткоротаційних сівозмін та застосування добрив на особливості водного та поживного режимів ґрунту, балансу гумусу та біогенних елементів, активність мікробіологічних процесів, зменшення забур'яненості посівів сільськогосподарських культур та зниження токсичності ґрунту. Обґрунтовано значення надходження і якості рослинних решток як джерела відшкодування втрат гумусу та біогенних елементів живлення.

Установлено залежність продуктивності, економічної та енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін від різного насичення, співвідношення та розміщення сільськогосподарських культур та системи удобрення.

Ключові слова: *попередники, сівозміни, сільськогосподарські культури, продуктивність, економічна ефективність, енергетична оцінка, родючість ґрунту.*

Останнім часом у науці і практиці з'явилося багато термінів, якими визначають особливості сучасних систем землеробства: промислова (інтенсивна), ґрунтозахисна, екологічна, біологічна (органічна), no-till система тощо. У більшості країн світу дедалі більше уваги приділяється розвиткові альтернативного, екологічно безпечного землеробства, стратегія якого вимагає розроблення, вдосконалення та подальшого впровадження окремих ланок зональних систем землеробства, серед яких однією з найважливіших є сівозміна. Роль сівозміни у сучасному землеробстві обумовлена біологічними особливостями польових культур. Тому правильно складена і запроваджена сівозміна має велике значення для підвищення культури землеробства, відтворення й підвищення родючості ґрунту, росту урожайності сільськогосподарських культур і рентабельності землеробства.

Аналіз результатів досліджень за останні роки свідчить, що біологічний потенціал сортів і гібридів реалізується лише на 40-75%, оскільки у них закладено тільки потенційні можливості біологічної продуктивності конкретної культури. А реалізувати їх можливо лише в реальних умовах поля, завдяки оптимізованим технологіям вирощування культур з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і спеціалізації господарств [2, 3, 6, 10, 12].

Ринкові умови ведення землеробства та потреби виробництва вимагають такого розміщення культур у сівозмінах, яке вело б до збільшення продуктивності усіх польових культур, сприяло стабілізації та відтворенню родючості ґрунту, покращанню фітосанітарного стану посівів та гарантувало екологічну безпеку довкілля [4, 9, 11, 13, 14]. Сівозміни без чіткої послідовності у чергуванні або потрібного інтервалу вирощування між культурами, стають перепоною для зміни видів шкідників, хвороб і бур'янів та зводять до мінімуму можливість розвитку стійких, толерантних або адаптивних видів. Сівозміни мають бути динамічними, комбінованими і водночас науково обґрунтованими та інтенсивними. Можна створювати багато варіантів сівозмін, але їх впровадження завжди потребує наукового обґрунтування [5, 7, 8, 10].

Мета, завдання і методика досліджень. Метою досліджень було розроблення й удосконалення теоретичних основ підвищення ефективності науково обґрунтованих короткоротаційних сівозмін на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу. Багаторічні дослідження виконували у тривалому польовому стаціонарному досліді на Панфильській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН», закладеному у 2001 р., з шістнадцятьма варіантами короткоротаційних – 2, 3, 4- і 5-пільних польових сівозмін із різним насиченням, співвідношенням та розміщенням зернових, технічних і кормових культур (табл. 1). Повторення досліду триразове. Загальна кількість ділянок 168, посівна площа однієї ділянки – 90 м^2 (6×15 м), облікова – 40 м^2. Розміщення ділянок – систематичне. Технологія вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для умов регіону. Закладання і проведення польового стаціонарного досліду здійснювали згідно методики [1], а для здійснення програм досліджень використовували загальноприйняті методи, що дало можливість отримати достовірні дані й залежності щодо структури посівних площ у сівозмінах, їх виду, стану родючості ґрунту, його фітосанітарного стану й посівів та продуктивності окремих польових культур і у цілому сівозмін.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний. Уміст гумусу в орному шарі варіює від 3,08 до 3,15%, у підорному – від 2,72 до 2,9%. Ґрунт характеризується високим умістом фосфору – 233-270 мг/кг ґрунту в орному і 227-270 мг/кг – у підорному шарах, високим і середнім умістом обмінного калію (80-100 мг/кг ґрунту). Реакція ґрунтового розчину слабкокисла, ступінь насичення вбирного комплексу основами високий (85-99%).

Результати досліджень. Процеси формування показників родючості ґрунту в короткоротаційних сівозмінах мали свої особливості. Встановлено, що

© *Бойко П.І., Літвінов Д.В., 2015*

Таблиця 1.

Схема стаціонарного досліду з вивчення короткоротаційних сівозмін

Варіант сівозміни	Чергування й удобрення культур у сівозміні					На 1 га ріллі вноситься:			
	I	II	III	IV	V	гною, т	N	P	K
1	горох	пшениця озима	кукурудза на зерно	ячмінь ярий		-	-	-	-
2	горох $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$	ячмінь ярий $N_{60}P_{40}K_{60}$		-	45	42	55
3	горох $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$ 40 т/га гною	ячмінь ярий $N_{60}P_{40}K_{60}$		10	45	42	55
4	горох	пшениця озима	кукурудза на зерно 40 т/га гною	ячмінь ярий		10	-	-	-
5	горох побічна продукція попередника	пшениця озима побічна продукція попередника	кукурудза на зерно 40 т/га гною + побічна продукція попередника	ячмінь ярий побічна продукція попередника		10 + побічна продукція попередника	-	-	-
6	горох $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	буряки цукрові $N_{90}P_{100}K_{100}$ 40 т/га гною	ячмінь ярий $N_{60}P_{40}K_{60}$		10	52	57	65
7	горох $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	овес $N_{60}P_{40}K_{60}$ 40 т/га гною	ячмінь ярий $N_{60}P_{40}K_{60}$		10	45	42	55
8	гречка $N_{30}P_{40}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	буряки цукрові $N_{90}P_{100}K_{100}$ 30 т/га гною			10	60	67	67
9	гречка $N_{30}P_{40}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	ячмінь $N_{60}P_{40}K_{60}$ 30 т/га гною			10	50	47	53
10	соя $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$ 30 т/га гною			10	40	43	53
11	соя $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця яра $N_{60}P_{60}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$ 30 т/га гною			10	40	43	53
12	соя $N_0P_{30}K_{40}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$ 30 т/га гною			10	40	37	53
13	горох $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	соняшник $N_{90}P_{60}K_{90}$ 20 т/га гною	ячмінь ярий $N_{60}P_{40}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$ 30 т/га гною	10	54	46	62
14	багаторічні бобові трави $N_0P_{30}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$	кукурудза на зерно $N_{60}P_{40}K_{60}$	ячмінь + трави $N_{60}P_{40}K_{60}$		-	45	42	55
15	гречка $N_{30}P_{40}K_{40}$	пшениця озима $N_{60}P_{60}K_{60}$				-	45	50	50
16	соняшник $N_{90}P_{60}K_{90}$ 20т/га гною	пшениця яра $N_{60}P_{60}K_{60}$				10	75	60	75

витрати вологи у системі сівозмін значною мірою залежали від структури сівозміни, складу вирощуваних культур та порядку їх чергування. Найвищі загальні витрати вологи з ґрунту і опадів за вегетаційний період відбуваються за вирощування соняшнику (437-468 мм), кукурудзи на зерно (419-433 мм), буряків цукрових (405-488 мм) порівняно до зернових колосових культур та гороху, де вони становили – 291-375 мм. Також слід відмітити, що процес відновлення запасу продуктивної вологи в нижніх шарах ґрунту (100-160 см) за рахунок опадів при вирощуванні соняшнику в підзоні нестійкого зволоження починається не раніше, ніж через 4 роки.

Розміщення культури у сівозміні після найкращого попередника, оптимальний рівень насичення сівозміні тією чи іншою культурою, застосування мінеральних добрив як окремо, так і сумісно з органічними – сприяють не лише раціональному, економному використанню вологи ґрунту та опадів і зниженню напруженості водного режиму ґрунту, а й впливають на показники ефективної та потенційної родючості ґрунту. Дослідження фактичного стану балансу гумусу та NPK в орному шарі ґрунту системи експериментальних сівозмін свідчить, що одним з основних чинників регулювання їх балансу є сільськогосподарські культури, які залежно від системи удобрення, набору і чергування у сівозміні забезпечують нагромадження органічних решток за рахунок своєї кореневої маси, фіксації атмосферного азоту (бобові культури) та повернення частини органічної речовини у господарський кругообіг (табл. 2).

За результатами досліджень встановлено, що заміна у 4-пільних сівозмінах поля гороху на люцерну (вар. 14) значно змінює показники балансу гумусу в ґрунті. Навіть за суто мінеральної системи удобрення культур у цій сівозміні (середні дози NPK) приріст гумусу за 7 років становив 3,69 т/га, азоту – 180 кг/га. Розширене відтворення гумусу в ґрунті відбувається за органо-мінеральної (10 т гною + $N_{45}P_{42}K_{55}$ на 1 га ріллі) і органічної (10 т гною + побічна продукція рослинництва) систем удобрення культур. Тоді як органічна речовина рослинних решток у системі сівозмін без застосування добрив (вар. 1) не компенсує втрат гумусу ґрунту, як наслідок посилюється мінералізація, що призводить до його дефіциту. який склав за 7 років 8,90 т/га, або 5,5%, а щорічна мінералізація гумусу і азоту становила, відповідно 1,27 т/га і 63 кг/га.

Ефективним у системі короткоротаційних сівозмін на чорноземі типовому є поповнення азоту за рахунок симбіотичної і асоціативної азотфіксації. Встановлено, що за рахунок азотфіксації у короткоротаційних сівозмінах із горохом відшкодовується 33-56%, соєю – 57-62, багаторічними бобовими травами 89% витрат азоту з добрив і ґрунту на врожай культур. Формування позитивного балансу фосфору (15-37 кг/га за рік) у експериментальних сівозмінах забезпечується за органо-мінеральної системи

Таблиця 2.

Фактичний стан балансу гумусу і азоту загального в ґрунті у системі сівозмін, середнє за 2001-2007 рр.

Варіант сівозміни	Середньосівозмінна доза добрив				Кількісні зміни запасу, ±				
	гній, т/га	мінеральні, кг д.р./га			гумусу загального			азоту загального	
					за 7 років		за рік, т/га	кг/га	
		N	P	K	т/га	± % від вихідного запасу		за 7 років	за рік
1	-	-	-	-	- 8,90	5,50	- 1,27	- 444	- 63
4	10	-	-	-	- 0,47	0,30	- 0,07	- 40	- 6
5	10	Побічна продукція (солома, стебла)			+ 1,94	1,30	+ 0,28	+ 100	+ 14
2	-	45	42	55	- 3,84	2,60	- 0,54	- 190	- 27
3	10	45	42	55	+ 1,29	0,90	+ 0,18	+ 80	+ 11
7	10	45	42	55	+ 0,84	0,57	+ 0,12	+ 60	+ 9
6	10	52	57	65	+ 0,45	0,31	+ 0,06	+ 20	+ 4
14	-	45	42	55	+ 3,69	2,50	+ 0,52	+ 180	+ 26
13	10	54	46	62	+ 1,10	0,70	+ 0,14	+ 63	+ 8

Примітка. Шар ґрунту 0-40 см. Вихідний вміст гумусу в орному шарі становить 3,08%, або 95,9 т/га, у підорному – 2,80%, або 51,36 т/га. Вихідний вміст азоту в орному шарі становить 5,85 т/га, у підорному – 3,193 т/га.

удобрення культур (вар. 3, 6, 7, 13), за органічної його дефіцит становить 19 кг/га за рік (вар. 4). Дефіцитний баланс калію у 26-52 кг/га за рік мають сівозміни з багаторічними бобовими травами (вар. 14) і горохом (вар. 1, 4), у решті сівозмін він близький до зрівноваженого або позитивний.

Важлива роль належить фактору сівозмін у покращанні фітосанітарного стану системи «ґрунт-рослина» і, особливо, стосовно забур'яненості посівів сільськогосподарських культур, що значною мірою визначається їх попередниками, часткою насичення сівозмін різними агроценозами та ценотичною здатністю протистояти бур'янам. Результати досліджень свідчать, що сівозміна, на 25% насичена багаторічними бобовими травами і 75% зерновими культурами, за мінеральної системи удобрення (вар. 14) характеризувалася найменшою кількістю бур'янів (68,5 шт./м^2). Заміна багаторічних бобових трав горохом на зерно (вар. 2) призвела до збільшення забур'яненості до 73,5 шт./м^2. Порівняння двох аналогічних за набором культур зернових сівозмін (вар. 2 і 3) свідчить про зростання середньої забур'яненості на 12,4 шт./м^2 за органо-мінеральної системи удобрення порівняно до мінеральної. Збільшення забур'яненості посівів у 1,3 раза обумовлюється підвищенням у структурі сівозмін частки посівів одновидових культур. І зменшення, або повне виключення у сівозміні тих, що достатньо конкурентоздатні стосовно до бур'янів (озимі і ярі колосові), що необхідно враховувати при розробленні та введенні короткоротаційних сівозмін у господарствах.

Залежність формування продуктивності сільськогосподарських культур в експериментальних сівозмінах пов'язана з місцем розміщення кожної з них, частки у сівозміні та системи застосування добрив (табл. 3). Пшениця озима в середньому за 2004-2013 рр. забезпечує найвищу врожайність за розміщення після гороху у чотирипільній сівозміні – 5,45 т/га (вар. 3) за органо-мінеральної системи удобрення. За розміщення після гороху (вар. 2) і багаторічних бобових трав (вар. 14) за мінеральної системи удобрення отримано майже рівну урожайність – 5,43 і 5,37 т/га, що вказує на рівноцінність цих двох попередників для пшениці озимої. За вирощування цієї культури на органо-мінеральній системі удобрення у 3-пільній сівозміні отримано урожайність зерна після гречки 5,36-5,44 т/га, після сої – 5,19 т/га. Найвищий уміст білка був у пшениці озимої за розміщення її після гречки (12,4%). Після гороху, багаторічних трав і сої його вміст у зерні пшениці знизився до 11,7-11,8%. Найвищі показники якості у зерні пшениці озимої – клейковини (26,7%), маси 1000 зерен (40,4 г), склоподібності (83%) – відмічено за розміщення її після сої. Урожайність пшениці ярої за розміщення у трипільній сівозміні після сої становила 3,11 т/га, а у двопільній сівозміні за чергування з соняшником вона знизилась до 2,60 т/га.

Проте, за розміщення після соняшнику показники якості зерна були вищими, зокрема вміст білка 12,6%, клейковини – 27,8%, склоподібність – 94%. Для ячменю ярого рівноцінними попередниками в сівозмінах були пшениця озима, буряки цукрові, кукурудза і соняшник за мінеральної і органо-мінеральної системи удобрення та насиченості ним сівозміни від 20 до 33,3%, урожайність культури коливалась від 3,98 до 4,25 т/га. Показники якості зерна ячменю ярого залежали від попередника, насиченості сівозміни і були на рівні за вмістом білка 8,2-8,7%, умістом крохмалю – 53,7-56,0%. У сівозміні без добрив, урожайність ячменю знизилась до 2,34 т/га з гіршими показниками якості.

Кукурудза на зерно формувала найвищу урожайність зерна у 4-пільній зерновій сівозміні за розміщення її після пшениці озимої на органо-мінеральній – 7,93 т/га і мінеральній – 7,30 т/га системах удобрення (вар. 3, 2). За різного насичення сівозмін і розміщення кукурудзи в інших сівозмінах урожайність зерна знижувалася і не перевищувала 6,19-6,46 т/га. Без застосування добрив (вар. 1) і на системі удобрення біологічного спрямування (вар. 5) урожайність зерна була відповідно 5,09 і 5,72 т/га. Найвищим умістом білка характеризувалось зерно кукурудзи, вирощеної після пшениці озимої (вар. 3) – 9,6% та після ярої – 9,7% за 25 і 33,3% насичення сівозміни цією культурою. Високий показник білковості на рівні 9,3-9,6% та уміст крохмалю 49,1 і 50,9% отримано на органо-мінеральній й органічній системах удобрення.

Урожайність зернобобових культур також залежала від розміщення в різних видах сівозмін і систем удобрення. Так, урожайність зерна гороху розміщеного після кукурудзи на зерно у п'ятипільній сівозміні (вар. 13) забезпечило найвищу урожайність 2,89 т/га і вмісту білка в зерні – 18,1% проти 17,4-17,6% порівняно з чотирипільними сівозмінами. Вищою була урожайність гречки у трипільних сівозмінах – 1,40-1,47 т/га, тоді як у двопільній сівозміні з пшеницею озимою вона знизилась до 1,38 т/га. У досліді прослідковується залежність урожайності технічних культур від розміщення у різних сівозмінах. Зокрема збільшення частки соняшнику в сівозміні до 50% (вар. 16) не лише знижує врожайність цієї культури на 0,35 т/га, але й погіршує показники якості насіння, зокрема, уміст жиру знижується на 0,5% порівняно до сівозміни з його часткою 20%.

Слід зазначити, що за роки проведення досліджень найвищу урожайність досліджувані культури формували на рівні: пшениця озима – 6,90-8,00 т/га, пшениця яра – 4,50-5,00, ячмінь ярий –5,50-6,00, кукурудза на зерно – 10,30-12,00, соняшник – 4,50, соя – 3,50-4,00, буряки цукрові 52,0-60,0 т/га.

Встановлені залежності урожайності відбилися на загальній продуктивності короткоротаційних сівозмін залежно від набору, співвідношення і розміщення зернових, круп'яних та кормових культур. У середньому за 2004-2013 рр. чотирипільні сівозміни за 100% насичення зерновими культурами та застосування різних систем удобрення забезпечили врожайність зернових на рівні 3,32-5,09 т/га, збір з 1 га ріллі зерна – 3,32-5,09 т, у тому числі 0,97-

Таблиця 3.

Урожайність сільськогосподарських культур у експериментальних сівозмінах, середнє за 2004-2013 рр., т/га

Варіант сівозміни	Культури в порядку чергування в сівозміні	Середньосівозмінна доза добрив				горох	пшениця озима	кукурудза на зерно	ячмінь ярий	пшениця яра	овес	гречка	соя	соняшник
		гній, т/га	мінеральні, кг д. р./га											
			N	P	K									
1	Горох-пшениця озима-кукурудза на зерно-ячмінь ярий	-	-	-	-	2,04	3,90	5,09	2,34	-	-	-	-	-
2		-	45	42	55	2,39	5,43	7,30	3,69	-	-	-	-	-
3		10	45	42	55	2,79	5,45	7,93	3,98	-	-	-	-	-
4	Горох-пшениця озима-кукурудза на зерно-ячмінь ярий	10	-	-	-	2,51	4,82	6,36	3,29	-	-	-	-	-
5	Горох-пшениця озима-кукурудза на зерно-ячмінь ярий	10	побічна продукція попередника			2,26	4,53	5,72	3,20	-	-	-	-	-
6	Горох-пшениця озима-буряки цукрові-ячмінь ярий	10	52	57	65	2,61	5,41	-	4,12	-	-	-	-	-
7	Горох-пшениця озима-овес-ячмінь ярий	10	45	42	55	2,73	5,33	-	3,63	-	4,41	-	-	-
8	Гречка-пшениця озима-буряки цукрові	10	60	67	67	-	5,36	-	-	-	-	1,40	-	-
9	Гречка-пшениця озима-ячмінь ярий	10	50	47	53	-	5,44	-	4,25	-	-	1,47	-	-
10	Соя-пшениця озима-кукурудза на зерно	10	40	43	53	-	5,19	6,46	-	-	-	-		-
11	Соя-пшениця яра-кукурудза на зерно	10	40	43	53	-	-	6,08	-	3,11	-	-		-
12	Соя-кукурудза на зерно-кукурудза на зерно	10	40	37	53	-	-	5,60/6,14*	-	-	-	-		-
13	Горох-пшениця озима-соняшник-ячмінь ярий-кукурудза на зерно	10	54	46	62	2,89	5,40	6,59	4,08	-	-	-	-	3,39
14	Багаторічні бобові трави-пшениця озима-кукурудза на зерно-ячмінь ярий	-	45	42	55	-	5,37	6,19	4,05	-	-	-	-	-
15	Гречка-пшениця озима	-	45	50	50	-	5,18	-	-	-	-	1,38	-	-
16	Пшениця яра-соняшник	10	75	60	75	-	-	-	-	2,60	-	-	-	3,04
$НІР_{0,05}$										-	-	-		-

*Примітка. * – у чисельнику урожайність після сої, знаменнику – після кукурудзи*

1,40 – продовольчого і 2,35-3,70 т фуражного, 5,21-8,48 т кормових і 3,96-6,11 т зернових одиниць та 0,43-0,65 т перетравного протеїну (табл. 4).

Серед чотирипільних сівозмін за 100% насичення зерновими відзначилася сівозміна горох – пшениця озима – кукурудза – ячмінь за мінеральної (вар. 2) і поєднання органічної з мінеральною (вар. 3) систем удобрення. Середня врожайність зернових становила 4,69-5,09 т/га, збір з 1 га ріллі: зерна – 4,69-5,09 т, кормових одиниць – 7,68-8,48, зернових одиниць – 5,70-6,11 і перетравного протеїну – 0,57-0,65 т. Чотирипільна зерно-просапна сівозміна за органо-мінеральної системи удобрення з насиченням зерновими культурами на 75% і одним полем буряків цукрових (вар. 6) горох-пшениця озима-буряки цукрові-ячмінь ярий, поступається зерновій сівозміні зі 100% зернових і аналогічною системою удобрення за всіма показниками продуктивності. П'ятипільна сівозміна із соняшником (20%) і зерновими культурами (80%): горох-пшениця озима-соняшник-ячмінь ярий-кукурудза на зерно, хоча і забезпечує високу загальну продуктивність, проте поступається чотирипільним сівозмінам зі 100% насиченням зерновими навіть за меншої середньосівозмінної дози мінеральних добрив, застосованих у них. Трипільна сівозміна соя – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно (вар. 12) забезпечує урожайність зернових – 4,86 т, і найвищу загальну продуктивність серед усіх експериментальних сівозмін – вихід з 1 га ріллі кормових одиниць – 9,01, зернових одиниць – 6,60 і перетравного протеїну – 0,72 т. Найнижчу врожайність зернових – 2,64-3,38 т/га, вихід з 1 га ріллі кормових одиниць на рівні 3,63-4,90 т, зернових одиниць – 4,30-5,03 т, перетравного протеїну – 0,41-0,47 т отримано в експериментальних двопільних сівозмінах: гречка-пшениця озима (вар. 15) і соняшник – пшениця яра (вар. 16).

Зроблені розрахунки економічної ефективності та енергетичної оцінки короткоротаційних сівозмін свідчать, що найкращі показники економічної ефективності функціонування чотирипільних сівозмін отримано за 75% насичення зерновими культурами та 25% буряками цукровими і застосування органо-мінеральної системи удобрення (табл. 5). Сівозміна забезпечує 4,79 тис. грн на 1 га сівозмінної площі прибутку і рівень рентабельності 61%. П'ятипільна сівозміна з насиченням зерновими культурами на 80% і соняшником на 20% забезпечила прибуток на рівні 4,51 тис. грн на 1 га сівозмінної площі за рентабельності 63%. Серед трипільних сівозмін найвищий прибуток забезпечує зернова сівозміна соя-пшениця озима-кукурудза на зерно – 5,43 тис. грн/га та сівозміна гречка - пшениця озима - буряки цукрові – 5,75 тис. грн/га. Зниження прибутку до 2,56-

Таблиця 4.

Продуктивність короткоротаційних сівозмін, середнє за 2004-2013 рр.

Варіант сівозміни	Урожайність зернових, т/га	Збір з 1 га ріллі, т					
		зерна			кормових одиниць	зернових одиниць	перетравного протеїну
		всього	у т.ч.				
			продовольчого	фуражного			
1	3,32	3,32	0,97	2,35	5,21	3,96	0,43
2	4,69	4,69	1,39	3,31	7,68	5,70	0,57
3	5,09	5,09	1,40	3,70	8,48	6,11	0,65
4	4,80	4,09	1,27	2,82	7,32	5,27	0,56
5	3,99	3,99	1,17	2,82	6,60	4,76	0,51
6	3,74	2,91	1,40	1,53	7,74	6,54	0,61
7	4,01	4,01	1,38	2,63	5,94	4,44	0,53
14	5,14	3,96	1,39	2,85	7,17	4,79	0,51
8	3,43	2,29	2,29	-	7,76	7,12	0,60
9	3,72	3,72	2,36	1,36	5,53	4,28	0,45
10	4,91	4,91	1,82	3,09	8,34	6,49	0,75
11	3,91	3,91	0,96	2,96	6,81	5,36	0,60
12	4,86	4,86	-	4,86	9,01	6,60	0,72
13	4,62	3,72	1,09	2,64	6,91	6,09	0,59
15	3,38	3,38	3,38	-	4,90	4,30	0,47
16	2,64	1,26	1,26	-	3,63	5,03	0,41

Таблиця 5.

Показники економічної та енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін, середнє за 2004-2013 рр.

Варіант сівозміни	Усього витрат, тис. грн/га	Собівартість 1 т урожаю, тис. грн	Прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %	Всього затрачено енергії, ГДж/га	Вихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее)
13	7,22	1,64	4,51	63	30,5	111,7	3,66
1	4,69	1,35	2,69	58	18,6	86,9	4,68
2	6,38	1,38	3,94	62	29,3	124,4	4,25
3	7,08	1,41	4,13	59	34,1	136,9	4,02
4	6,12	1,49	3,90	65	29,5	118,3	4,11
5	5,73	1,38	2,40	42	34,8	108,8	3,13
6	7,94	1,19	4,79	61	33,4	127,5	3,83
7	6,49	1,57	2,88	45	28,2	98,4	3,49
14	6,10	1,22	3,32	55	26,0	114,1	4,39
8	8,78	1,58	5,75	65	32,3	125,5	3,87
9	6,02	1,97	3,31	55	30,3	89,4	3,04
10	6,95	1,37	5,43	79	32,1	134,9	4,21
11	6,57	1,70	3,46	53	28,1	110,3	3,94
12	6,82	1,35	4,58	68	33,0	145,7	4,43
15	5,75	2,33	3,33	58	21,0	79,2	3,78
16	7,37	2,64	2,56	35	24,0	61,4	2,57

3,33 тис. грн/га і рівня рентабельності до 35-58% спостерігалось у двопільних сівозмінах.

Зменшення загальних витрат на вирощування культур за органічної системи удобрення (вар. 4) навіть за нижчих показників урожайності дозволило отримати прибуток на рівні 3,90 тис. грн на 1 га сівозмінної площі за рентабельності 65%, що відповідало рівню аналогічної сівозміни за органо-мінеральної системи удобрення, проте мало нижчі показники економічної ефективності від сівозміни за мінеральної системи удобрення.

Як економічна ефективність, так і енергетична оцінка експериментальних сівозмін підтверджують значимість довжини ротації і рівня удобрення. Найвищі показники енергетичної ефективності (вихід енергії 124,4 і 136,9 ГДж на 1 га сівозмінної площі за Кее 4,25 і 4,02) чотирипільних сівозмін забезпечують сівозміни за 100% насичення зерновими культурами та мінеральною і органо-мінеральною системами удобрення (див. табл. 6). Чотирипільні сівозміни, насичені на 75% зерновими і 25% технічними культурами, за органо-мінеральної системи удобрення забезпечують вихід енергії на рівні 127,5 Гдж на 1 га сівозмінної площі та Кее 3,83. Максимальний вихід енергії серед трипільних сівозмін (145,7 ГДж на 1 сівозмінної площі) за Кее 4,43 відмічено за насичення її на 33% соєю і 67% кукурудзою на зерно, а в двопільних сівозмінах – найменший серед досліджуваних сівозмін вихід енергії – від 61,4 до 79,2 ГДж на 1 га сівозмінної площі за коефіцієнта енергетичної ефективності 2,57-3,78.

Висновки.

1. Багаторічними дослідженнями встановлені закономірності і процеси формування умов росту і розвитку зернових, круп'яних і кормових культур у короткоротаційних сівозмінах з різним їх набором, співвідношенням та розміщенням на раціональних рівнях живлення. Виявлені особливості водного й поживного режимів ґрунту, балансу гумусу та біогенних елементів, активність мікробіологічних процесів зменшення забур'яненості посівів. обґрунтовано значення надходження і якості рослинних решток, ролі бобових культур як джерела відшкодування втрат гумусу та біогенних елементів.

2. Кращими попередниками для сільськогосподарських культур є: для пшениці озимої з урожайністю 5,37-5,45 т/га – горох, трави багаторічні бобові, гречка; ячменю ярого з урожайністю 3,20-4,25 – кукурудза на зерно, буряки цукрові, соняшник; кукурудзи на зерно з урожайністю 6,59-7,93 т/га – пшениця озима, ячмінь ярий; гороху з урожайністю 2,75-2,89 т/га – кукурудза на зерно, ячмінь ярий; соняшника з урожайністю 3,39 т/га – пшениця озима у п'ятипільній сівозміні; буряків цукрових з урожайністю 38,04 т/га – пшениця озима; сої з урожайністю 2,45 т/га – кукурудза на зерно.

3. Продуктивність, економічна й енергетична ефективність короткоротаційних сівозмін залежить

від різного насичення, співвідношення і розміщення сільськогосподарських культур та систем удобрення. Найвища продуктивність чотирипільних сівозмін була при 100% насиченні зерновими культурами і склала: збір з 1 га ріллі 4,69-5,09 т зерна, 7,68-8,48 кормових одиниць, 5,70-6,11 зернових одиниць, 0,57-0,65 т перетравного протеїну. високий вихід фуражного зерна – 4,86 т/га, кормових одиниць – 9,01 і перетравного протеїну – 0,72 т/га забезпечила трипільна сівозміна з 33% сої і 67% кукурудзи на зерно (соя - кукурудза на зерно-кукурудза на зерно). Сівозміна також має і найвищі показники виходу енергії – 145,7 ГДж/га і Кее – 4,43. Серед чотирипільних сівозмін максимальні показники економічної ефективності забезпечує сівозміна з 75% зернових і 25% буряків цукрових – 4,79 тис.грн/га прибутку. Серед трипільних – гречка - пшениця озима - буряки цукрові – 5,75 тис. грн./га і соя - пшениця озима - кукурудза на зерно.

Література.

1. *Бойко П.І. Сівозміни з короткою ротацією / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко // Пропозиція. – 1998. –№2. – С.16-17.*
2. *Бойко П.І. Науково-інноваційні аспекти сівозмін в Україні / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко // Вісник аграрної науки. – 2006. – №5. – С.24-28*
3. *Двэйн Бэк. Новый поход к планированию и разработке севооборотов / Двэйн Бэк // Зерно. – 2012. – №8. –С.36-45.*
4. *Демиденко О.В. Гумусний стан чорнозему типового за різних способів обробітку в агроценозах Лівобережного Лісостепу / О.В. Демиденко, І.С. Шаповал, О.Л. Тонха, В.А. Величко, П.І. Бойко // Вісник аграрної науки. – 2014. – №4. – С.58-62.*
5. *Єщенко В.О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві / В.О. Єщенко // Міжвід. тем.наук. зб. «Землеробство». – К.:ВП «Едельвейс». – 2015. – Вип. 1. – 23-27.*
6. *Камінський В.Ф. Роль сівозмін у сучасному землеробстві / В.Ф. Камінський, П.І. Бойко // Вісник аграрної науки. – 2013. – №6. – С.5-9.*
7. *Кірілеско О.Л. Вплив насичення сівозмін багаторічними травами, заорювання соломи та сидератів на баланс гумусу в ґрунтах / О.Л. Кірілеско, О.В. Корнійчук // Міжвід. тем. наук. зб. «Землеробство». – К.:ВП «Едельвейс». – 2015. – Вип. 1. – 77-81.*
8. *Лебідь Є.М. Науковий фундамент проблем степового землеробства / Є.М. Лебідь // Вісник аграрної науки. – 2006 . – №4. – С.23-25.*
9. *Літвінов Д.В. Агробіологічні основи підвищення ефективності короткоротаційних сівозмін Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктор. с.-г наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство дисертаціїД.В. Літвінов. – Київ 2015. – 42 с.*
10. *Сівозміни у землеробстві України / За ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. – К.: Аграрна наука. – 2002. – 147 с.*
11. *Цвей Я.П. Формування родючості ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Лісостепу / Я.П. Цвей // Міжвід. тем. наук. зб. «Землеробство». – К.: ВП «Едельвейс». – 2015. – Вип. 1. – 56-59.*
12. *Юркевич Є.О. Агробіологічні основи сівозмін Південного Степу України / Є.О. Юркевич, Н.П. Коваленко, А.В. Бакума // Монографія. – Одеса: Одеське виробництво «ВМВ». – 2011. – 240 с.*
13. *Kaminsky V.F. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 1) / V.F. Kaminsky, P.I. Boyko // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К.: «Едельвейс». – 2014. – Вип. 3. – С.3-9.*
14. *Kaminsky V.F. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 2) / V.F. Kaminsky, P.I. Boyko // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К.: «Едельвейс». – 2014. – Вип. 3. – С. 3-11.*

Бойко П.И., Литвинов Д.В.

Эффективность короткоротационных севооборотов в современных системах земледелия

В статье приведены результаты многолетних исследований (2004-2013 гг.) по изучению короткоротационных севооборотов (2, 3, 4- и 5-польных) в длительном стационарном опыте на типичном черноземе неустойчивого увлажнения Лесостепи. Определено влияние короткоротационных севооборотов и применения удобрений на особенности водного режима и питательного режима почвы, баланса гумуса и биогенных элементов, активность микробиологических процессов, уменьшение засоренности посевов и токсичности почвы. Установлена зависимость продуктивности, экономической и энергетической эффективности короткоротационных севооборотов от разного насыщения, соотношения и размещения сельскохозяйственных культур и систем удобрений.

Ключевые слова: *предшественники, севообороты, сельскохозяйственные культуры, продуктивность, экономическая эффективность, энергетическая оценка, плодородие почвы.*

Boyko P.I.. Litvinov D.V.

The efficiency of short-term crop rotation in modern farming systems

The results of many years of research (2004-2013) for the study of short-term crop rotation (2-3-4-5-) in long-term stationary experiment on a typical chornozem soil at moisturing unstable in Forest-Steppe zone. The influence of short-term crop rotation and fertilizer use in water features and nutrient regimes of soil, humus balance and nutrients, microbial activity processes, reducing weed-infested agricultural crops and reduce the toxicity of the soil. Values of income and quality of plant residues as a source of compensation for loss of humus and nutrients are grounded in the article.

Dependence of productivity, economic and energy efficiency of different crop rotations short-term saturation ratio and placement of crops and fertilizer system is established.

Key words: *short-term crop rotations, grains, cereals and industrial crops, soil fertility, balance of nutrients, crop rotation productivity, economic and energy efficiency.*

Рецензенти

Дегодюк Е.Г. – д. с.-г. н.

Цюк О.А. – к. с.-г. н.

Стаття надійшла до редакції 27.05.2015 р.