DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-1-8

УДК 631.582.5:633.1

Л. С. КВАСНИЦЬКА, кандидат сільськогосподарських наук

Г. П. ВОЙТОВА, науковий співробітник

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН

вул. Самчики, 1, с. Самчики Хмельницького р-ну Хмельницької обл.,

31182, e-mail: larusa7215@ukr.net

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗЕРНОВИХ СІВОЗМІН ЗОНИ ДОСТАТНЬОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Представлено результати дослідження впливу сівозмінного фактора й систем удобрення на продуктивність сільськогосподарських культур та п'ятипільних зернових сівозмін, визначено їхні найефективніші варіанти для зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу.

Польові та лабораторні дослідження проведено в довготривалому стаціонарному досліді на Хмельницькій державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН упродовж 2016–2018 рр. на чорноземі опідзоленому в п'яти сівозмінах, насичених на 60–100% зерновими культурами, відповідно до загальноприйнятих методик польових досліджень та методичних рекомендацій.

Встановлено, що насичення сівозмін на 80–100% зерновими культурами на фоні поєднання мінеральної системи удобрення та сидератів забезпечило вихід зерна з 1 га сівозмінної площі 5,39–6,06 т і перевищило показник типової для зони плодозмінної сівозміни на 29–41%.

Найвищий вихід зерна з 1 га сівозмінної площі (6,06 т, у тому числі 1,88 т продовольчого) одержано за альтернативної системи удобрення (поєднання внесення мінеральних добрив із приорюванням побічної продукції культур та післяжнивни вирощеної на сидерат гірчиці білої) у сівозміні із 100% зернових: по 20% пшениці озимої, гречки, вівса та 40% кукурудзи на зерно.

За виходом кормових (11,99 т/га) та зернових одиниць (9,43 т/га) оптимальною була типова для зони сівозміна з 20% конюшини, 60% зернових, 20% буряків цукрових за внесення на 1 га сівозмінної площі 8 т гною $N_{66}P_{56}K_{78}$.

Економічне оцінювання засвідчило, що сівозміни, насичені на 80–100% зерновими культурами, на фоні поєднання мінеральної системи удобрення та сидератів, забезпечили 22 462,04–23 608,03 грн/га умовно чистого прибутку за рівня рентабельності 131–144%.

Найменший показник енергетичних витрат на 1 т зерна та кормових одиниць отримано в сівозміні за 100% насичення зерновими культурами на фоні поєднання мінеральної системи удобрення та сидератів. Він становив 4,53 та 2,77 ГДж відповідно за коефіцієнта енергетичної ефективності 6,71 ум. од. Застосування альтернативної системи удобрення в сівозміні зі 100-відсотковим насиченням зерновими культурами значно підвищило енергетичні витрати на вирощування продукції та зменшило коефіцієнт енергетичної ефективності до 3,31 ум. од.

Ключові слова: сівозміна, зернові культури, система удобрення, продуктивність, економічна та енергетична ефективність.

Larysa Kvasnitska, Halyna Voitova

Khmelnytsky State Agricultural Experimental Station of the Institute of feed and agriculture of Podillya NAAS

Efficiency of grain crop rotations in the zone of sufficient moisture of the Right-Bank Forest-Steppe

The results of the study of the influence of crop rotation factor and fertilizer systems on the productivity of crops and five-field grain crop rotations are presented. The most effective options for the zone of sufficient moisture of the Right Bank Forest-Steppe are determined.

Field and laboratory studies were conducted in a long-term stationary experiment at the Khmelnytsky State Agricultural Research Station of the Institute of feed and agriculture of Podillya NAAS during 2016–2018 on podzolic chernozem in five crop rotations, saturated with 60–100% of grain crops, according to the methods research and guidelines.

It was found that the saturation of crop rotations by 80–100% of grain crops against the background of the combination of mineral fertilizer system and green manures provided grain yield per hectare of crop rotation area 5.39–6.06 tons and exceeded the typical crop rotation zone by 29–41%.

The highest grain yield per 1 hectare of crop rotation area (6.06 t, including 1.88 t of food) was obtained with an alternative fertilizer system (combination of mineral fertilizers with prioritization of crop by-products and post-harvest green mustard) in crop rotation with 100% grain cultures: 20% of winter wheat, buckwheat, oats and 40% of corn for grain.

The yield of fodder (11.99 t/ha) and grain units (9.43 t/ha) was optimal for a crop rotation zone with 20% clover, 60% grain, 20% sugar beet per application per hectare of crop rotation area of 8 t manure N₆₆P₅₆K₇₈.

The economic assessment showed that crop rotations saturated with 80–100% of grain crops, against the background of a combination of mineral fertilizer and green manure, provided 22462.04–23608.03 UAH/ha of relatively net profit at a level of profitability of 131–144%.

The lowest energy consumption per 1 ton of grain and feed units was obtained in crop rotation at 100% grain saturation against the background of a combination of mineral fertilizer and green manure system, which was 4.53 and 2.77 GJ, respectively, with an energy efficiency factor of 6.71 conventional units.

The use of an alternative fertilizer system in crop rotation with 100% saturation of cereals significantly increased the energy costs of growing products and reduced the energy efficiency ratio to 3.31 conventional units.

Key words: crop rotation, grain crops, fertilizer system, productivity, economic and energy efficiency.

Вступ. Зернове господарство – це пріоритетна галузь аграрного сектору з високим рівнем конкурентоспроможності на внутрішньому й світовому ринках, від якої залежать продовольча безпека, добробут населення й могутність держави. В умовах поглиблення глобалізаційних процесів та інтеграції України у світову економіку саме продукція цієї галузі стає об'єктом зовнішньої торгівлі, що спонукає до нарощування виробництва зерна [18].

Сучасне високотоварне сільськогосподарське виробництво неможливе без суворого регламентованого комплексу технологій і організаційно-господарських заходів, які відповідають виробничій спеціалізації господарств і прийнятій системі землеробства. Структура сівозмін і система удобрення є найдоступнішими й найпростішими агротехнічними заходами, які дають змогу формувати високий фон родючості ґрунту, визначають режим мінерального живлення та забезпечують високу продуктивність сільськогосподарських культур. Високі врожаї з одночасним підвищенням родючості ґрунту отримують лише за оптимальної структури посівних площ, набору, співвідношення і чергування культур у різноротаційних сівозмінах [1, 3, 8, 16, 23, 27, 28, 31]. Найбільш екологічно стабільною за достатнього зволоження є система удобрення з елементами широкої біологізації, яка передбачає поєднання внесення мінеральних добрив із заорюванням побічної продукції та пожнивної сидеральної культури [21].

Слід обґрунтовано підійти до економічних питань організації аграрного виробництва, враховуючи світову кон'юнктуру й аналіз зовнішніх ринків збуту сільськогосподарської продукції, дотримуючись при цьому науково обґрунтованих підходів до чергування культур у сівозміні. Лише за наявності раціональних сівозмін формуються умови для планового застосування технологій на кожному полі, зростає продуктивність кожної культури. Їх беззмінне вирощування різко знижує врожайність, родючість ґрунту [1, 26, 27], погіршує фітосанітарний стан і його, і посівів порівняно із сівозмінною [11]. Правильно складена сівозміна має велике значення для підвищення культури землеробства, зростання врожайності кожної культури й рівня рентабельності землеробства. Вона має бути

динамічною, комбінованою і водночас науково обґрунтованою та інтенсивною [2, 6, 7, 9–15, 17, 19, 22, 24, 29, 30, 32–36]. Тому дослідження щодо впливу структури, набору та розміщення культур у короткоротаційних сівозмінах на їхню загальну продуктивність і врожайність окремих культур є досить актуальними, оскільки можуть бути основою для розроблення більш ефективних агротехнологій.

Мета досліджень – здійснити порівняльне оцінювання короткоротаційних сівозмін, насичених зерновими культурами, за різних систем удобрення та визначити їхні найефективніші варіанти для зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу.

Матеріали і методи. Польові дослідження проведено в довготривалому стаціонарному досліді на Хмельницькій ДСГДС ІКСГП НААН упродовж 2016–2018 рр. на чорноземі опідзоленому в п'яти сівозмінах, насичених на 60–100% зерновими культурами, за різних систем удобрення (табл. 1).

1. Структура посівних площ та система удобрення у п'ятипільних зернових сівозмінах, 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Структура посівних площ сівозмін, %									Внесено на 1 га сівозмінної площі			
	пшениці озимої	кукурудзи	гречки	ячменю ярого	вівса	сої	буряків цукрових	сосяника	конюшини лучної	гною, т	кг діючої речовини		
											N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	20	20	–	20	–	–	20	–	20	8	66	56	78
2	20	40	20	–	20	–	–	–	–	–	76	68	80
3	20	40	20	–	–	20	–	–	–	–	72	68	80
4	20	40	20	–	20	–	–	–	–	–	76	68	54
5	20	20	–	20	–	20	–	20	–	–	62	52	58

За контроль використано типову для зони Правобережного Лісостепу сівозміну 1 з 20-відсотковим насиченням конюшиною на 2 укоси, пшеницею озимою, буряками цукровими, кукурудзою на зерно, ячменем з підсіванням конюшини на фоні органо-мінеральної системи удобрення.

У сівозмінах 2, 3, 4, та 5 на 20% сівозмінної площі вирощували післяжнивню гірчицю білу на зелене добриво. У варіанті 4 у кожному полі щорічно побічну продукцію приорювали на добриво з компенсуючою дозою азоту $N_{10}/т$.

Повторення досліду – триразове, розміщення повторень і варіантів – систематичне. Площа посівної ділянки – 174 м², облікової – 100 м².

У досліді висівали сорти та гібриди сільськогосподарських культур, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні. Технології вирощування культур – загальноприйняті для зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу України.

Методи дослідження: польовий – для визначення процесу зміни показників продуктивності короткоротаційних сівозмін під впливом насичення зерновими культурами та систем удобрення; вимірювально-ваговий – для обчислення біометричних показників рослин, структури врожаю; порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної та енергетичної ефективності сівозмін; математично-статистичний – для з'ясування вірогідності результатів польових досліджень.

Розрахунки продуктивності сівозмін здійснено за виходом основної та побічної продукції на 1 га ріллі, яку перераховували в зернові одиниці за коефіцієнтами В. Д. Гревцова [25], кормові одиниці та перетравний протеїн – згідно з методикою М. М. Карпуся «Деталізована поживність кормів зони Лісостепу України» [4].

Енергетичну ефективність окремих культур і сівозмін визначали за методикою О. К. Медведовського й П. І. Іваненка [20], економічну – згідно з технологічними картами та нормативними матеріалами для господарств зазначеної зони.

Математично-статистичне опрацювання експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за методикою Б. О. Доспехова (1979) з використанням програмних засобів «Microsoft Excel» [5].

Погодні умови у 2016–2018 рр. суттєво впливали на ріст і розвиток культур, що вирощувались, а в кінцевому рахунку і на їхню врожайність та продуктивність сівозмін.

Середньодобова температура повітря впродовж вегетаційного періоду 2016 р. була вищою за середньобаторічний показник на 2,7°C, а кількість опадів – на 33,8 мм, або 6,8%. Значний дефіцит опадів відмічено в липні – 73,0%, серпні – 16,5% щодо середньобаторічного значення.

Погодні умови вегетаційного періоду 2017 р. характеризувались вищими середньодобовими температурами на 5,7°C – у березні, 1,9°C – у квітні, 2,6°C – у травні та на 2,4°C – у червні. Загалом середньодобова температура повітря впродовж вегетаційного періоду 2017 р. була вищою за середньобаторічний показник на 2,3°C, а кількість опадів – на 133,2 мм, або 24,8%.

Середньодобова температура повітря вегетаційного періоду 2018 р. була вищою за середньобаторічний показник на 4,2°C, тоді як кількість опадів – лише на 18,1 мм. Гідротермічний коефіцієнт у період вегетації культур коливався за місяцями від 0,40 до 3,07 ум. од.

Результати та обговорення. Залежність формування врожайності сільськогосподарських культур у сівозмінах пов'язана з місцем розміщення кожної з них, часткою в сівозміні та системою застосування добрив.

Попередниками пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у досліді були конюшина на 2 укоси, соя та гречка за різних систем удобрення в сівозміні. Різниця урожаю за цих попередників не перевищувала 4% (табл. 2).

2. Урожайність сільськогосподарських культур у сівозмінах, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Урожайність зернових, т/га	Урожайність культур, т/га								
		пшениці озимої	сої	кукурудзи на зерно	ячменю ярого	буряків цукрових	гречки	вівса	соняшника	конюшини лучної
1	6,97	6,98	–	8,23	5,70	59,8	–	–	–	32,0
2	5,89	6,79	–	7,65	–	–	2,53	4,82	–	–
3	6,21	6,95	2,43	7,74	–	–	2,41	–	–	–
4	6,06	7,01	–	7,91	–	–	2,39	5,08	–	–
5	6,63	6,76	2,42	7,78	5,36	–	–	–	3,20	–
НІР ₀₅		0,11	0,07	0,09	0,12	–	0,08	0,08	–	–

Урожайність становила в середньому 6,76–7,01 т/га. Найвищий показник (6,98 т/га) отримано в плодозмінній сівозміні 1, на 60% насиченій зерновими культурами, за рахунок більшої густоти

стеблестою та маси зерна колоса. Адже попередник, конюшина на 2 укоси, забезпечив кращий водний режим у час сівби та найбільш критичний період – цвітіння – початок наливу зерна (вар. 1).

Тенденцію до збільшення врожайності пшениці озимої виявлено за вирощування після гречки за альтернативної системи удобрення у варіанті 4 – 7,01 т/га.

Під впливом погодних умов урожайність змінювалась на 11–17%.

Фактор сівозміни мав вирішальне значення у формуванні врожайності кукурудзи (*Zea mays L.*). Урожайність зерна кукурудзи за вирощування після буряків цукрових становила 8,23 т/га, після вівса – 7,81 т/га, після сої – 7,85 т/га, що на 0,22–0,32 т вище, ніж за такого попередника, як кукурудза на зерно.

Показники, отримані на основі структурного аналізу рослин кукурудзи, вказують на те, що за її повторного вирощування (вар. 2, 3) зменшувалась висота рослин на 3–6%, кількість качанів на рослині – на 4–7%. Під час вегетації спостерігався розрив у часі цвітіння чоловічих і жіночих суцвіть, що призвело до частково порожніх качанів, отже, і до недобору врожаю зерна. Суттєве зниження маси зерна з 1 рослини (на 11%) відмічено за повторного вирощування кукурудзи в сівозміні 2, на 100% насиченій зерновими культурами.

За альтернативної системи удобрення (побічна продукція вівса + N_{10}/t та $N_{120}P_{100}K_{120}$) рівень урожайності кукурудзи на зерно становив 7,98 т/га (вар. 4). За повторної сівби відмічено швидше накопичення сухої речовини в зерні, зменшення кількості качанів на рослині на 7% із меншою масою зерна на 8%.

Під впливом погодних умов урожайність кукурудзи змінювалась на 8–11%. Стабільно високі врожаї забезпечило її вирощування в плодозмінній сівозміні 1.

Вирощування кукурудзи в повторних посівах із використанням сівозмінної ланки «кукурудза на зерно – кукурудза на зерно – гречка» призвело до зростання забур'яненості кукурудзяних посівів (в 1,3–1,5 разу) за рахунок збільшення числа щиріці, лободи, мишія сизого та зеленого.

Урожайність ячменю (*Hordeum vulgare L.*) у зернопросапній сівозміні 5 за вирощування після соняшника становила 5,36 т/га, що на 7% нижче, ніж у плодозмінній сівозміні 1 за такого попередника, як кукурудза на зерно, і значною мірою (на 25–28%) залежала від погодних умов у період вегетації.

Найвищу урожайність гречки (*Fagopyrum esculentum*) 2,53 т/га отримано в сівозміні 2, на 100% насиченій зерновими культурами, за рахунок збільшення густоти стояння рослин та кількості зерен на рослині. Вагомим чинником були погодні умови, які змінили врожай культури на 11–28%.

Урожайність вівса (*Avena sativa*) за мінеральної системи удобрення в середньому за роки досліджень становила 4,82 т/га. Альтернативна система удобрення зумовила підвищення цього показника на 6%. Під впливом погодних умов урожайність змінювалась на 20%.

Продуктивність короткоротаційних сівозмін залежала від частки зернових культур, їхнього розміщення після попередників та систем удобрення в сівозміні. Так, у типовій для зони сівозміні з 20% конюшини на 2 укоси, 60% зернових, 40% просапних (у тому числі 20% буряків цукрових) за органо-мінеральної системи удобрення врожайність зернових становила 6,97 т/га (табл. 3).

3. Продуктивність сівозмін, т/га сівозмінної площі, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Вихід з 1 га сівозмінної площі, т							
	зерна	у тому числі продовольчого	коренеплодів	насіння		зернових одиниць	кормових одиниць	перетравного протеїну
				соняшника	сої			
1	4,18	1,40	12,0	–	–	9,43	11,99	0,864
2	5,89	1,86	–	–	–	6,85	9,72	0,626
3	5,39	1,87	–	–	–	7,08	9,54	0,696
4	6,06	1,88	–	–	–	5,95	7,71	0,565
5	3,98	1,35	–	0,64	0,48	6,95	7,91	0,750

Позитивно виділилась сівозміна 5 із 60% зернових та 40% технічних культур за мінеральної системи удобрення, де врожайність зернових культур становила 6,63 т/га. Однак у цій сівозміні зменшився вихід кормових та зернових одиниць, відповідно, до 7,91 та 6,95 т/га.

Найвищий вихід зерна з 1 га сівозмінної площі (6,06 т, у тому числі 1,88 т продовольчого) одержано за альтернативної системи удобрення в зерновій сівозміні 4 зі 100% зернових, у тому числі 40% кукурудзи на зерно.

Насичення сівозмін 2, 3 на 80–100% зерновими культурами на фоні поєднання мінеральної системи удобрення та сидератів забезпечило збільшення збору зерна з 1 га сівозмінної площі на 29–41% порівняно з контролем.

За виходом кормових (11,99 т/га) та зернових одиниць (9,43 т/га) оптимальною була типова для зони сівозміна 1 з 20% конюшини на 2 укоси, 60% зернових, 40% просапних (у тому числі 20% буряків цукрових) за органо-мінеральної системи удобрення.

Поряд із високими показниками продуктивності в цьому варіанті сівозміни завдяки дотриманню чергування стійких і чутливих до бур'янів культур, забезпеченню їх хорошими попередниками до мінімуму було зведено ураження рослин шкідниками та хворобами. Застосування хімічних засобів захисту за такої структури посівних площ досить обмежене.

У сівозмінах 2, 3, 4 збір кормових одиниць зменшився на 19–36%, зернових одиниць – на 25–35% порівняно з контролем (вар. 1). Забезпечення кормової одиниці перетравним протеїном становило 64–73 г.

За насичення сівозмін на 40% технічними культурами (вар. 5), з них – по 20% соняшника та сої, збір із 1 га сівозмінної площі кормових одиниць становив 7,91 т, зернових одиниць – 6,95 т, забезпечення кормової одиниці перетравним протеїном – 95 г.

Економічна оцінка сівозмін засвідчила, що зернові сівозміни 2, 3, насичені на 80–100% зерновими культурами, на фоні поєднання мінеральної системи удобрення та сидератів забезпечують 22 462,04–23 608,03 грн/га умовно чистого прибутку за рівня рентабельності 131–144% (табл. 4).

Збільшення витрат у сівозміні 4 за альтернативної системи удобрення зменшило рівень рентабельності до 106%.

Як засвідчили розрахунки, від структури посівних площ та систем удобрення в сівозмінах залежала собівартість продукції. Встановлено, що вирощування в п'ятипільній сівозміні 80–100% зернових на фоні мінеральної системи удобрення та сидератів забезпечило підвищення собівартості зерна на 45–52% та кормової одиниці на 22–25% порівняно з контролем за рахунок збільшення витрат на вирощування.

4. Економічна та енергетична оцінка сівозмін, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант сівозміни	Собівартість продукції, грн/т		Умовно чистий прибуток, грн з 1 га	Рівень рентабельності, %	Енерговитрати, ГДж			К _{еє}
	зерна	кормових одиниць			на 1 га	на 1 т		
						зерна	кормових одиниць	
1	1795,60	1261,53	24 382,28	145	34,6	8,27	2,88	6,63
2	2604,09	1577,99	22 462,04	131	26,7	4,53	2,77	6,71
3	2729,31	1542,03	23 608,03	144	27,9	5,18	2,99	6,23
4	2885,64	2268,09	20 671,36	106	41,4	6,83	5,34	3,31
5	2595,18	2071,34	22 730,26	125	24,1	6,06	3,00	8,39

Найвищі показники енергетичної ефективності отримано в сівозміні 5 із 60% зернових культур за поєднання мінеральної системи удобрення та сидератів, де енергоємність становила 202,2 ГДж/га, а енергетичні витрати на вирощування продукції мали найменше значення – 24,1 ГДж/га. Це дало змогу отримати найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (К_{еє}) – 8,23 ум. од., який у 1,3 разу був вищий порівняно з контролем.

У сівозміні 2 із 100% зернових культур енергоємність становила 179,1 ГДж/га, але за рахунок збільшення енергетичних витрат до 26,7 ГДж/га коефіцієнт енергетичної ефективності був на рівні 6,71 ум. од. Саме в цій сівозміні було отримано найменший показник енергетичних витрат на 1 т зерна та кормових одиниць, який становив 4,53 та 2,77 ГДж відповідно.

Значне підвищення енергетичних витрат на вирощування продукції до 41,4; 6,83 та 5,34 ГДж/т кормових одиниць, що знижувало коефіцієнт енергетичної ефективності до 3,31 ум. од., відмічено в сівозміні 4 із 100% насиченням зерновими культурами за альтернативної системи удобрення.

Висновки. Висока ефективність сівозмін на чорноземах опідзолених у зоні достатнього зволоження Правобережного Лісостепу є наслідком найбільш оптимального підбору й розміщення в них зернових культур. Використання на 20% сівозмінної площі післязжнивню вирощеної культури на сидерат зменшило негативний вплив максимального насичення сівозмін зерновими культурами.

Короткоротаційні сівозміни, до 100% насичені зерновими культурами, забезпечили вихід зерна з 1 га сівозмінної площі 5,39–6,06 т, собівартість якого становить 2729,31–2885,64 грн/т за рівня рентабельності 106–144%.

Отримані результати дослідження доцільно враховувати фахівцям у процесі запровадження й освоєння сівозмін у господарствах зернового напрямку спеціалізації зазначеної зони.

Список використаної літератури

1. Адаптивні системи землеробства : навч. посіб. / В. П. Гудзь та ін. ; за ред. В. П. Гудзя. Вид. 2-ге, перероб. та допов. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 336 с.
2. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Опара М. М. Ефективні короткоротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської ДАА*. 2014. № 3. С. 20–32.
3. Бойко П. І., Мартинюк І. В., Цимбал Я. С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3 (816). С. 5–13.
4. Деталізована поживність кормів зони Лісостепу України / М. М. Карпусь та ін. Київ, 1995. 347 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 416 с.
6. Єрмолаєв М. М., Літвінов Д. В. Вплив структури короткоротаційних сівозмін на їх продуктивність і врожайність культур. *Вісник Черкас. ін-ту агропром. виробництва*. 2010. № 10. С. 74–75.
7. Єрмолаєв М. М., Літвінов Д. В., Квасніцька Л. С. Ефективність сівозміни як основної ланки в органічному землеробстві на чорноземах. *Зб. наук. пр. ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2014. Вип. 1–2. С. 26–30.
8. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 23–27.
9. Єщенко В. О. Сівозмінні проблеми сьогодення. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 4. С. 12–18.

References

1. Adaptive farming systems : textbook / V. P. Hudz et al. ; za red. V. P. Hudzia. Second edition, revised and supplemented. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2014. 336 p.
2. Boiko P. I., Kovalenko N. P., Opara M. M. Effective short-rotation crop rotations in modern agriculture. *Visnyk Poltavskoi DAA*. 2014. No. 3. P. 20–32.
3. Boiko P. I., Martyniuk I. V., Tsybmal Ya. S. Formation of crop rotation principles in agricultural systems. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. No. 3 (816). P. 5–13.
4. Detailed nutritional feed of the Forest-Steppe zone of Ukraine / M. M. Karpus et al. Kyiv, 1995. 347 p.
5. Dospheov B. A. Field experiment technique. Moskva : Kolos, 1979. 416 p.
6. Yermolaiev M. M., Litvinov D. V. Influence of the structure of short-rotation crop rotations on their productivity and crop yields. *Visnyk Cherkaskoho instytutu ahropromyslovoho vyrobnytstva*. 2010. No. 10. P. 74–75.
7. Yermolaiev M. M., Litvinov D. V., Kvasnitska L. S. Efficiency of crop rotation as the main link in organic farming on chernozems. *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2014. Issue 1–2. P. 26–30.
8. Yeshchenko V. O. The role of crop rotations in modern agriculture. *Zemlerobstvo*. 2015. Issue 1. P. 23–27.
9. Yeshchenko V. O. Crop rotation problems of today. *Suchasni ahrarni tekhnolohii*. 2013. No. 4. P. 12–18.

10. Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Камінський та ін. ; за ред. В. Ф. Камінського. Київ, 2015. 272 с.
11. Землеробство : навч. посіб. / І. Д. Примак та ін. ; за ред. І. Д. Прымака. Вінниця, 2020. 578 с.
12. Камінський В. Ф. Біологічне землеробство в умовах зміни клімату. *Посібник українського хлібороба*. 2017. Т. 1. С. 28–31.
13. Камінський В. Ф., Бойко П. І. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 6. С. 5–9.
14. Камінський В. Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах зміни клімату. *Землеробство*. 2016. Вип. 1. С. 3–11.
15. Камінський В. Ф. Сівозміна як основа сталого землекористування та продовольчої безпеки України. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 3–13.
16. Камінський В. Ф., Шевченко І. П., Коломієць Л. П. Науково-методичне забезпечення охорони земель сільськогосподарського призначення як передумова сталого розвитку агропромислового комплексу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 1. С. 5–10.
17. Кернасюк Ю. Зовнішньоекономічний орієнтир для українського агроекспорту. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 4. С. 15–17.
18. Козак О. А., Грищенко О. Ю. Розвиток зернової галузі України на сучасному етапі. *Економіка АПК*. 2016. № 1. С. 38–47. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>.
19. Кудря С. І. Продуктивність короткоротаційної сівозміни з бобовими культурами на чорноземі типовому. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 1. С. 5–9. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-02>.
20. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ, 1988. 206 с.
21. Мірошніченко М. М., Потапенко Л. В., Іваніна В. В. Чи може
10. Agriculture of the XXI century – problems and solutions / V. F. Kaminskyi et al. ; za red. V. F. Kaminskoho. Kyiv, 2015. 272 p.
11. Agriculture : navch. posib. / I. D. Prymak et al. ; za red. I. D. Prymaka. Vinnytsia, 2020. 578 p.
12. Kaminskyi V. F. Organic farming in climate change. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2017. Vol. 1. P. 28–31.
13. Kaminskyi V. F., Boiko P. I. The role of crop rotations in modern agriculture. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2013. No. 6. P. 5–9.
14. Kaminskyi V. F. Scientific principles of organic farming in climate change. *Zemlerobstvo*. 2016. Issue 1. P. 3–11.
15. Kaminskyi V. F. Crop rotation as a basis for sustainable land use and food security of Ukraine. *Zemlerobstvo*. 2015. Issue 2. P. 3–13.
16. Kaminskyi V. F., Shevchenko I. P., Kolomiets L. P. Scientific and methodological support for the protection of agricultural land as a prerequisite for sustainable development of the agro-industrial complex of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. No. 1. P. 5–10.
17. Kernasiuk Yu. Foreign economic landmark for Ukrainian agro-export. *Ahrobiznes sohodni*. 2016. No. 4. P. 15–17.
18. Kozak O. A., Hryshchenko O. Yu. Development of the grain industry of Ukraine at the present stage. *Ekonomika APK*. 2016. No. 1. P. 38–47. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>.
19. Kudria S. I. Productivity of short-rotation crop rotation with legumes on typical chernozem. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 1. P. 5–9. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-02>.
20. Medvedovskiy O. K., Ivanenko P. I. Energy analysis of intensive technologies in agricultural production. Kyiv, 1988. 206 p.

- бути органічним землеробство без органічних добрив. *Посібник українського хлібороба*. 2017. Т. 1. С. 43–45.
22. Продуктивність польової сівозміни за різних доз і співвідношень добрив / Г. М. Господаренко та ін. *Наукові горизонти*. 2019. № 3 (76). С. 80–86.
23. Продуктивність сільськогосподарських культур у різноротаційних сівозмінах на типових чорноземах / П. І Бойко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 12. С. 11–16. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-76-3-80-86.
24. Перспективи та шляхи удосконалення сівозмін сучасного землеробства / І. А Шувар та ін. *Посібник українського хлібороба*. 2017. Т. 1. С. 96–105.
25. Справочник по планированию в агропромышленном комплексе / под ред. В. Д. Гревцова. Киев : Урожай, 1991. 241 с.
26. Цвей Я. П. Формування родючості ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Лісостепу. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 56–59.
27. Шувар І. А. Наукові основи сівозмін інтенсивно-екологічного землеробства : монографія. Львів : Каменярь, 1998. 224 с.
28. Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll / R. L. Lemke et al. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2010. Vol. 135. P. 42–51. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.010.
29. Crop rotation and nitrogen input effects on soil fertility, maize mineral nutrition, yield, and seed composition / W. E. Riedell et al. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. P. 870–879. DOI: 10.2134/agronj2008.0186x.
30. Crop rotations for the 21st century / D. L. Karlen et al. *Advances in Agronomy*. 2014. Vol. 53. P. 1–45.
31. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization – a global meta-analysis / L. Schitz. et al. *Front. Plant*
21. Miroshnichenko M. M., Potapenko L. V., Ivanina V. V. Can be organic farming without organic fertilizers. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2017. Vol. 1. P. 43–45.
22. Productivity of field crop rotation at different doses and ratios of fertilizers / H. M. Hospodarenko et al. *Naukovi horyzonty*. 2019. No. 3 (76). P. 80–86.
23. Productivity of agricultural crops in rotational crop rotations on typical chernozems / P. I Boiko et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No. 12. P. 11–16. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-76-3-80-86.
24. Prospects and ways to improve crop rotations in modern agriculture / I. A Shuvar et al. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2017. Vol. 1. P. 96–105.
25. A guide to planning in the agro-industrial complex / pod red. V. D. Grevcova. Kiev : Urozhaj, 1991. 241 p.
26. Tsvei Ya. P. Formation of soil fertility in short-rotation crop rotations of the Forest-Steppe. *Zemlerobstvo*. 2015. Issue 1. P. 56–59.
27. Shuvar I. A. Scientific bases of crop rotations of intensive-ecological agriculture : monohrafiia. Lviv : Kameniar, 1998. 224 p.
28. Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll / R. L. Lemke et al. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2010. Vol. 135. P. 42–51. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.010.
29. Crop rotation and nitrogen input effects on soil fertility, maize mineral nutrition, yield, and seed composition / W. E. Riedell et al. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. P. 870–879. DOI: 10.2134/agronj2008.0186x.
30. Crop rotations for the 21st century / D. L. Karlen et al. *Advances in Agronomy*. 2014. Vol. 53. P. 1–45.
31. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization – a global meta-analysis / L. Schitz. et al.

Sci. 2018. Vol. 8. 14 p. DOI: 10.3389/fpls.2017.02204.

32. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health / A. S. Davis et al. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7 (10). P. 1–8. DOI: 10.1371/journal.pone.0047149.

33. Kaminsky V. F., Boyko P. I. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 1). *Зб. наук. пр. ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 3–9.

34. Kaminsky V. F., Boyko P. I. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 2). *Зб. наук. пр. ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2014. Вип. 4. С. 3–11.

35. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations / A. J. Bennett et al. *Biological Reviews*. 2012. Vol. 87. P. 52–71. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2011.00184x.

36. Raimbault B., Vyn T. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal*. 1991. Vol. 83. P. 979–985. DOI: 10.2134/agronj1991.00021962008300060011x.

Front. Plant Sci. 2018. Vol. 8. 14 p. DOI: 10.3389/fpls.2017.02204.

32. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health / A. S. Davis et al. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7 (10). P. 1–8. DOI: 10.1371/journal.pone.0047149.

33. Kaminskyi V. F., Boiko P. I. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 1). *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2014. Issue 3. P. 3–9.

34. Kaminskyi V. F., Boiko P. I. Strategy of development and implementation of crop rotations in Ukraine (part 2). *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2014. Issue 4. P. 3–11.

35. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations / A. J. Bennett et al. *Biological Reviews*. 2012. Vol. 87. P. 52–71. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2011.00184x.

36. Raimbault B., Vyn T. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal*. 1991. Vol. 83. P. 979–985. DOI: 10.2134/agronj1991.00021962008300060011x.

Отримано 19.05.2021