

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ СІВОЗМІНИ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ

О.І. Савчук¹, Т.Ю. Приймачук¹, О.В. Дребот²,
Н.В. Цуман³, Ю.М. Ільїнський³

¹ Інститут сільського господарства Полісся НААН (м. Житомир, Україна)

e-mail: grunt17isgp@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6702-239X

e-mail: isgp.ek@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6088-1730

² Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

e-mail: o_drebot@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4146-3266

³ Агроєкологічний фаховий коледж (м. Житомир, Україна)

e-mail: innater-59@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0770-6009

e-mail: ilinskyu@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5301-6714

В умовах осушуваних земель за незадовільної роботи меліоративних систем, у зоні Полісся стало можливим вирощування комерційно привабливих культур, зокрема таких, як ріпак озимий та кукурудза на зерно. Проаналізовано короткоротаційну сівозміну: люпин — ріпак озимий — жито озиме — кукурудза, на основі якої вивчалися різні варіанти системи удобрення, в т. ч. шляхом заміни підстилкового ґною сидератом і побічною продукцією всіх культур у поєднанні з рекомендованою для зони та підвищеною (інтенсивною) нормами мінеральних добрив. Метою завдання було визначити оптимальне агрохімічне забезпечення зернової сівозміни для отримання стабільної продуктивності культур та збереження родючості ґрунту. Відмічено, що впродовж 2016–2020 рр. досліджень, у вегетаційний період сільськогосподарських культур у метровому шарі осушуваного дерново-підзолистого супіщаного ґрунту запаси продуктивної вологи знижувались до 60–80 мм, тобто до критичного рівня. Встановлено, що загальна продуктивність сівозміни залежала від її насичення кукурудзою, врожайність зерна якої в середньому за 5 років за різного рівня органо-мінерального живлення становила 6,01–7,13 т/га. Найбільший вихід зернових і кормових одиниць з 1 га сівозміної площі (4,23 і 4,52 т відповідно) отримано за внесення побічної продукції на фоні підвищеної норми мінеральних добрив ($N_{67}P_{85}K_{92}$). Встановлено, що заміна підстилкового ґною побічною продукцією зернових, зернобобових і олійних культур в якості органічного добрива на фоні внесення рекомендованої ($N_{45}P_{56}K_{61}$) і підвищеної ($N_{67}P_{85}K_{92}$) норм мінерального удобрення, не знижує продуктивність сівозміни, забезпечує бездефіцитний баланс азоту та щорічне накопичення гумусу в кількості 320 і 440 кг відповідно, що гарантує розширене відтворення і підвищення родючості ґрунту.

Ключові слова: меліоровані землі, ринкові культури, система удобрення, продуктивність, гумус, баланс азоту.

ВСТУП

В умовах змін клімату в зоні Полісся на дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах із незадовільною роботою осушуваних меліоративних систем, стало можливим вирощування економічно привабливих культур, зокрема, ріпаку та кукурудзи на зерно [1]. Тому мета досліджень полягала у визначенні оптимальної системи удобрення культури, яка б забезпечувала отримання високої продуктивності короткоротаційної

сівозміни та збереження родючості осушуваного дерново-підзолистого супіщаного ґрунту в умовах дефіциту вологи.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні зміни клімату супроводжуються погіршенням природного вологозабезпечення, зокрема й меліорованих земель у зоні осушення, і формують нові умови вирощування сільськогосподарських культур. Науково обґрунтована сівозміна залишається основою системи землеробства,

від якої залежить продуктивність культур, родючість ґрунту і його водний режим. На сьогодні господарства перейшли на короткоротаційні динамічні сівозміни, переважно з вузькою спеціалізацією вирощування зернових та олійних культур [2; 3]. Тому важливим є підбір та розміщення культур у сівозмінах, яке б сприяло підвищенню їх продуктивності, стабілізації родючості ґрунту, не порушувало екологію навколишнього середовища та задовольняло потреби ринку [4; 5].

За останні два десятиліття у землеробстві Поліссі відбулися зміни пріоритетності сільськогосподарських культур, де озимі зернові культури поступилися кукурудзі. Зміни кліматичних умов та ґрунти достатньою мірою відповідають біологічним потребам цієї культури. Кукурудза стала головною фуражною та енергетичною культурою, з високим потенціалом урожайності. Розширення її площі в сівозмінах дає можливість збільшити виробництво зерна без істотного зниження врожаю інших зернових культур [6]. У структурі посівних площ сільгосп підприємств поліського регіону кукурудза займає близько 20%, що не перевищує науково обґрунтовані нормативи.

Економічно привабливою культурою на Поліссі став ріпак. Перевагою його є те, що він покращує фізико-хімічні, агрономічні властивості ґрунту, є добрим попередником та фітосанітаром проти кореневих гнилей зернових культур, збільшує запаси органічних речовин і розчинних форм фосфору. В світовому землеробстві ріпаково-зерновий тандем вважається найбільш економічно ефективною ланкою в сучасних сівозмінах. Однак за його вирощування присутні певні ризики зниження врожайності як через вибагливість цієї культури щодо погодних умов, зокрема, вимерзання посівів озимого ріпаку, так і за порушення окремих елементів технології, що призводить до зрідження посівів, а в окремих випадках, і до повної їх загибелі. Тому великі масиви ріпаку у структурі посівних площ є недоцільними [7].

Для вирішення питання дефіциту азоту, який є основним лімітуючим елементом

у дерново-підзолистих ґрунтах, в умовах відсутності в господарствах тваринницької галузі, необхідно максимально насичувати сівозміни бобовими або зернобобовими культурами, використовуючи їх побічну продукцію в якості органічних добрив [8; 9]. Сільськогосподарські культури мають різну дію на родючість ґрунту за рахунок біологічних особливостей: технологій вирощування, величини виносу елементів живлення та їх повернення з нетоварною продукцією [10; 11].

Однією з найважливіших ґрунтоохоронних функцій сівозміни і умов її стабільно високої продуктивності є створення бездефіцитного балансу гумусу та поживних речовин. Як відомо, структура посівних площ, тип сівозміни і система удобрення культур у ній істотно впливають на елементи родючості ґрунту. Баланс поживних речовин повинен складатися так, щоб проходження ротацій сівозміни поряд із підвищенням продуктивності незмінно супроводжувалось збільшенням запасів гумусу та елементів мінерального живлення рослин [3].

У сучасних умовах основним джерелом поповнення органічної речовини ґрунту є кореневі і поживні рештки та побічна рослинницька продукція. Рослинні рештки сільськогосподарських культур наразі розглядаються в усьому світі як важливий ресурс відтворення органічної речовини і збереження функціональних властивостей ґрунту в агроценозах, як ключовий чинник для стійкого сільськогосподарського виробництва [12; 13]. Залучення нетоварної частини біомаси сільськогосподарських культур за рекомендованих норм їх удобрення на дерново-підзолистому ґрунті дає змогу сформувати балансові показники з додатнім сальдо як по елементах живлення, так і гумусу [14].

Зменшення вмісту органічної речовини і її основної складової — гумусу, є найбільш істотною ознакою деградації ґрунтів у результаті впливу господарської діяльності. Внесення в ґрунт додаткового вуглецю у вигляді гною за органо-мінеральної та органічної систем удобрення сприяє регулю-

ванню азотно-вуглецевого балансу в ґрунті, що призводить до збільшення вмісту гумусу в орному шарі ґрунту [15]. Тому спільне застосування в сівозміні мінеральних і органічних добрив виявляється вигідним з точки зору поліпшення властивостей ґрунту, підвищення врожайності культур, економії добрив і зниження ризиків екологічних порушень [16; 17].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювалися в Інституті сільського господарства Полісся НААН (с. Грозине Коростенського р-ну Житомирської обл.) упродовж 2016–2020 рр. на осушуваному дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Агрохімічні показники ґрунту: вміст гумусу – 1,27%, рухомих форм фосфору і калію – 84 і 101 мг/кг ґрунту відповідно, рН_{сол.} – 5,2, гідролітична кислотність – 2,25 мг-екв. на 100 г ґрунту.

На вивчення поставлена чотирирічна зернова сівозміна: люпин – ріпак озимий – жито озиме – кукурудза. Системою удобрення передбачено такі варіанти: контроль (без добрив); побічна продукція + сидерат; рекомендована для зони норма добрив на 1 га сівозмінної площі (N₄₅P₅₆K₆₁ + 10 т підстилкового гною); альтернативна (N₄₅P₅₆K₆₁ + побічна продукція + сидерат); підвищена (інтенсивна) в 1,5 раза (N₆₇P₈₅K₉₂) + побічна продукція. Систе-

ма живлення під культури представлена в *табл. 1*. Підстилковий гній вносився під кукурудзу – 40 т/га. Сидерат середели (урожайність зеленої маси становила в середньому 8,0 т/га) підсівався під жито. Площа посівної ділянки – 48 м², облікової – 28 м². Повторність – триразова. Основний спосіб обробітку ґрунту – оранка.

Вміст гумусу в ґрунті визначали за Тюріним (ДСТУ 4289:2004); рН ґрунту – потенціометричним методом згідно із ДСТУ ISO 10390 – 2001; фосфор і калій – за Кірсановим (ДСТУ 4405-2005); гідролітичну кислотність – за ДСТУ 7537:2014. Узагальнення матеріалів та аналіз результатів досліджень проводили за Методом дисперсійного аналізу (Доспехов, 1985) і програмою «STATISTICA».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Однією з важливих умов, які дають можливість отримувати стабільні врожаї сільськогосподарських культур, є оптимальне забезпечення їх ґрунтовою вологою у період вегетації. Спостереження, які проводилися впродовж 2016 – 2020 рр. за динамікою вологозапасів у ґрунті, засвідчили про зростання дефіциту вологи вже на початок літа, коли в метровому шарі запаси продуктивної вологи понижувались до 60–80 мм, тобто до критичного рівня [18].

Озимі культури завдяки весняним вологозапасам, встигають сформувати по-

Таблиця 1. Схеми удобрення культур у сівозміні

№ вар.	Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Система удобрення під культури			
		люпин	ріпак озимий	жито озиме	кукурудза
1	Контроль	—	—	—	—
2	П/п + сидерат	п/п	п/п	п/п	п/п + сидерат
3	Гній 10 т + N ₄₅ P ₅₆ K ₆₁	P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	гній 40 т + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
4	П/п + сидерат + N ₄₅ P ₅₆ K ₆₁	п/п + P ₄₅ K ₄₅	п/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀	п/п + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	п/п + сидерат + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
5	П/п + N ₆₇ P ₈₅ K ₉₂	п/п + P ₇₀ K ₇₀	п/п + N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	п/п + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	п/п + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀

Примітка: П/п – побічна продукція.

рівняно високу врожайність зерна, кукурудза загалом не потерпає від літньої посухи. А найбільше реагував на дефіцит вологи в ґрунті люпин, який у посушливих умовах вегетації в середньому за роки досліджень мав низьку врожайність насіння: 1,09–1,42 т/га (табл. 2).

Результати отриманих досліджень засвідчили, що загальна продуктивність сівозміни залежала від кукурудзи, як найбільш урожайної культури (на мінеральних фонах — 6,01–7,13 т/га), що й вплинуло на кінцевий вихід продукції. Найбільший вихід зернових і кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі отримано за підвищеної в 1,5 раза норми мінеральних добрив (N₆₇P₈₅K₉₂) на фоні побічної продукції, відповідно 4,23 і 4,52 т.

Оскільки основна функція сівозміни полягає у створенні бездефіцитного балансу гумусу та поживних речовин, то одним із завдань наших досліджень було вивчен-

ня умов збереження родючості ґрунту за використання мінеральних добрив та залучення до кругообігу біологічного азоту бобових культур і побічної продукції.

Зміни вмісту гумусу в ґрунтах залежить від двох взаємно протилежних процесів — гуміфікації (новоутворення гумусу) та мінералізації органічної речовини. У прибутковій статті враховується поповнення вуглецю з побічною продукцією і рослинними рештками (поживно-кореновими) з урахуванням коефіцієнта їх гуміфікації для дерново-підзолистого ґрунту. Витрати гумусу у ґрунті під окремими культурами визначені розмірами його мінералізації.

Здійснений нами аналіз балансу гумусу за методикою С.А. Балюка та ін. [19] засвідчив, що в сівозміні на неудобреному фоні відбувається різке зниження родючості ґрунту — втрати гумусу становлять 550 кг/га в рік (табл. 3). Заорювання всієї побічної продукції сприяло бездефіцитно-

Таблиця 2. Продуктивність культур (т/га) та сівозміни (т) залежно від системи удобрення (середнє за 2016–2020 рр.)

№ вар.	Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Культури сівозміни				Збір на 1 га сівозмінної площі	
		люпин	ріпак озимий	жито озиме	кукурудза	з.о.	к.о.
1	Без добрив (контроль)	1,09	1,41	2,47	3,36	2,57	2,68
2	П/п + сидерат	1,15	1,53	2,79	4,03	2,90	3,03
3	Гній 10 т + N ₄₅ P ₅₆ K ₆₁	1,26	1,69	3,75	7,13	4,00	4,29
4	П/п + сидерат + N ₄₅ P ₅₆ K ₆₁	1,29	1,71	3,72	6,01	3,73	3,97
5	П/п + N ₆₇ P ₈₅ K ₉₂	1,42	1,92	4,06	7,02	4,23	4,52
НІР ₀₅ , т/га		0,11	0,12	0,24	0,44		

Примітка: П/п — побічна продукція; з.о. і к.о. — зернові і кормові одиниці.

Таблиця 3. Баланс гумусу в ґрунті залежно від системи удобрення (середнє за 2016–2020 рр.), т/га

№ вар.	Синтез гумусу за сівозміну				Мінералізація гумусу	Баланс гумусу, +/-	
	з рослинними рештками	з гноєм	з соломою і сидератом*	всього		за сівозміну	у рік
1	2,58	—	—	2,58	4,8	-2,22	-0,55
2	2,79	—	2,18*	4,97		0,17	0,04
3	3,43	1,6	—	5,03		0,23	0,06
4	3,30	—	2,80*	6,10		1,30	0,32
5	3,53	—	3,03	6,56		1,76	0,44

му балансу гумусу, накопичення було незначним — 40 кг/га. На фоні рекомендованої норми мінеральних добрив ($N_{45}P_{56}K_{61}$) та 10 т гною на 1 га сівозмінної площі (солома вилучалась із поля), приріст гумусу становив 60 кг/га, тобто баланс також бездефіцитний.

За результатами наукових досліджень [20] встановлено, що позитивний баланс гумусу повинен бути на рівні 300–800 кг/га. Такий приріст забезпечує розширене відтворення і підвищення родючості дерново-підзолистого ґрунту.

Заміна гною альтернативними джерелами надходження органічної речовини (побічною продукцією зернових, зернобобових та олійних культур), сприяла збільшенню виходу біомаси та надходженню рослинних залишків, відповідно, щорічне накопичення гумусу зросло до 320–440 кг, що забезпечує розширене відтворення і підвищення родючості ґрунту. Слід відмітити, що сидерат серадели посівної, який присутній у сівозміні, майже не впливав на накопичення органічної речовини, що вказує на повну його мінералізацію. Крім того, вивчалися умови та способи створення позитивного балансу азоту в ґрунті за обмеження або відсутності мінеральних добрив та залучення до кругообігу біологічного азоту бобових культур та побічної продукції.

Зрозуміло, що баланс основних елементів живлення, зокрема, азоту, є оцінкою рівня родючості ґрунту. До того ж, найбільш об'єктивні результати можна отримати, якщо розглядати цей показник у динаміці в тривалому циклі спостережень. Це пов'язано з тим, що врожай культур значною мірою залежний від погодних умов і експериментальні дані за 1–2 роки не мають об'єктивної достовірності.

Суть балансового методу розрахунку полягає у зіставленні основних статей надходження і виносу поживних речовин. Дослідження цього питання в землеробстві має важливе значення не тільки для характеристики умов живлення рослин, виявлення фактичного дефіциту основних елементів, але й для визначення і розроб-

лення оптимальних доз і способів внесення добрив із метою підвищення їх ефективності.

Та кількість поживних речовин, що вноситься врожайми культур, характеризує його господарський винос, який у всіх випадках менший від біологічного. Це тому, що частина поживних речовин, які містяться в коренево-післяжнивних залишках, за визначення господарського виносу не враховується, оскільки залишається в ґрунті в складі зазначеної органічної маси.

У наших дослідженнях винос азоту розраховано за результатами хімічного складу основної та побічної продукції (табл. 4). Окрім відчуження з урожайми, враховувалися газоподібні втрати азоту з мінеральних та органічних добрив, вимивання за межі профілю ґрунту низхідними токами води (табл. 5). До прибуткової частини зараховували надходження з органічними та мінеральними добривами, біологічний азот, який фіксується бобовими культурами з атмосфери та надходження з опадами і насінням.

Унаслідок переважно склався від'ємний баланс азоту: на контролі (без добрив) він становив 50 кг на 1 га сівозмінної площі. На варіанті з побічною продукцією та сидератом дефіцит вдвоє менший — 23 кг. На фоні рекомендованої норми мінеральних добрив за відсутності побічної продукції (вар. 3), внесення 10 т гною не компенсувало сумарні витрати азоту — баланс залишається від'ємним.

Надходження азоту з соломою, сидератом та рекомендованої норми мінеральних добрив (вар. 4), повністю не компенсувало його загальний винос. За цих умов дефіцит азоту становить всього 2 кг, що можна вважати баланс бездефіцитним. За підвищеної в 1,5 раза норми мінеральних добрив у поєднанні з соломою, забезпечується також бездефіцитний або врівноважений баланс азоту.

ВИСНОВКИ

На дерново-підзолистому осушуваному супіщаному ґрунті в умовах незадовільної роботи меліоративних систем коротко-

Таблиця 4. Внос азоту культурами за ротацию сівозміни (2016–2020 рр.)

Культура	Основна продукція			Побічна продукція				Сумарний вміст в урожаї		Всього по сівозміні, кг/га
	урожай, ц/га	вміст а.с.р., ц/га	% на а.с.р., кг/га	урожай, ц/га	вміст а.с.р., ц/га	вміст азоту		а.с.р., ц/га	азоту, кг/га	
						% на а.с.р.	кг/га			
1. Контроль										
Люпин	1,09	0,94	4,50	43,2	1,31	1,10	3,50	38,5	2,01	81,7
Ріпак	1,41	1,30	3,50	45,5	3,50	2,90	0,70	20,7	4,20	66,2
Жито	2,47	2,12	2,05	43,5	4,90	4,10	0,30	12,4	5,23	55,9
Кукурудза	3,36	2,89	1,73	50,0	6,40	5,40	0,70	37,5	7,86	87,5
2. Побічна продукція + сидерат										
Люпин	1,15	0,99	4,50	44,5	1,38	1,16	3,50	48,3	2,15	92,8
Ріпак	1,53	1,32	3,50	46,0	1,99	1,67	0,70	11,7	2,99	57,7
Жито	2,79	2,40	2,12	50,9	4,18	3,51	0,35	12,3	5,63	63,2
Кукурудза	4,03	3,47	1,72	59,6	7,09	5,95	0,69	41,1	9,42	100,7
3. Гній + НРК										
Люпин	1,26	1,08	4,50	48,7	1,51	1,27	3,50	44,4	2,35	93,1
Ріпак	1,69	1,45	3,50	50,8	4,20	3,50	0,70	24,8	3,30	75,6
Жито	3,75	3,22	2,25	72,4	7,50	6,40	0,45	28,3	8,26	99,7
Кукурудза	7,13	6,13	1,76	107,9	13,50	11,40	0,70	78,6	21,00	187,5
4. Побічна продукція + сидерат + НРК										
Люпин	1,29	1,11	4,50	50,0	1,55	1,30	3,50	45,5	2,41	95,5
Ріпак	1,71	1,47	3,50	51,5	2,22	1,87	0,70	13,1	3,34	64,6
Жито	3,72	3,20	2,16	69,1	5,95	4,50	0,45	20,2	6,66	89,3
Кукурудза	6,01	5,16	1,82	94,1	10,6	8,90	0,69	61,4	14,0	155,5
5. Побічна продукція + 1,5 НРК										
Люпин	1,42	1,22	4,50	54,9	1,70	1,43	3,50	50,0	2,65	104,9
Ріпак	1,92	1,65	3,50	57,8	2,50	2,10	0,70	14,7	3,75	86,0
Жито	4,06	3,49	2,32	80,9	8,20	6,80	0,45	30,7	6,99	111,6
Кукурудза	7,02	6,04	1,76	106,2	12,30	10,40	0,69	71,6	16,4	177,8

Примітка: * а.с.р. – абсолютно суха ретовина.

Таблиця 5. Баланс азоту в ґрунті (середнє за 2016–2020 рр.), кг/га за ротацію сівозміни

Стаття балансу	Варіант удобрення					
	1	2	3	4	5	
Витрати:						
– сумарний винос з урожаєм	291	314	459	405	480	
– газоподібні втрати з добрив (20%)	–	–	68	36	54	
– вимивання з ґрунту	8	8	8	8	8	
Всього	280	322	535	449	542	
Надходження:						
– з мінеральними добривами	–	–	180	180	270	
– з гноєм	–	–	180	–	–	
– з сидератом	–	37	–	39	–	
– з соломою	–	113	–	140	184	
– з насінням і опадами	48	48	48	48	48	
– біологічний азот	30	31	34	35	38	
Всього	78	229	442	442	540	
Баланс, кг	на сівозміну	–202	–93	–93	–7	–2
	на 1 га сів. площі	–50	–23	–23	–2	0

ротаційна сівозміна з часткою кукурудзи та ріпаку по 25% забезпечує найбільший вихід зернових і кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі (4,23 і 4,52 т відповідно) за підвищеної (інтенсивної) норми мінеральних добрив ($N_{67}P_{85}K_{92}$) на фоні побічної продукції. Альтернативою гною

є заорювання побічної продукції, яка на фоні рекомендованої ($N_{45}P_{56}K_{61}$) та підвищеної в 1,5 раза ($N_{67}P_{85}K_{92}$) норм мінеральних добрив забезпечує бездефіцитний баланс азоту та накопичення 320–440 кг гумусу або розширене відтворення родючості ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

- Савчук О.І., Мельничук А.О., Дребот О.В. та ін. Стан та використання осушених земель Житомирського Полісся в умовах змін клімату. *Збірник наукових праць «Агропромислове виробництво Полісся»*. 2018. № 11. С. 12–16.
- Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>
- Бойко П.І., Літвінов Д.В., Цимбал Я.С., Кудря С.О. Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. С. 1–14.
- Hiel, M.P., Barbieux, S., Pierreux, J. et al. Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *Peer J*. 2018. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4836>.
- Brus Arnold H. Concepts in Crop Rotations. *Agricultural Science / Ed. by Godwin Aflakpui*. Intech Open, 2012. P. 29–31. DOI: <https://doi.org/10.5772/35935>
- Артеменко С. Кукурудза в короткоротаційній сівозміні. *Пропозиція*. 2017. № 1. С. 82–87.
- Рудик Р.І., Дідківський М.П., Герасимчук В.І. та ін. Перезимівля ріпаку на практиці. *Агрономія сьогодні*. 2015. С. 5–6.
- Єгоров О.В., Жидок Н.П., Грищенко О.М., Шабанова І.І. Вплив добрив на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329>
- Іванишин В.В., Роїк М.В., Шувар І.А. та ін. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи / за заг. ред. В.В. Іванишина та І.А. Шувар. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 284 с.
- Романова С.А., Гульванський І.М., Задорожна С.В., Матвєєва В.О. Баланс гумусу в короткоротаційній польовій сівозміні. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 4. С. 29–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189442>

11. Haruna S.I. and Nkongolo N.V. Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (10). P. 2770. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11102770>.
12. Stanislav Torma et al. Residual plant nutrients in crop residues — an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science*. 2018. Vol. 68 (4). P. 358–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134>.
13. Aulakh M.S. et al. Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*. 2000. Vol. 64. P. 1867–1876. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6451867x>
14. Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф., Колесник Т.М. Еколого-економічні аспекти вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257127>
15. Венгліньський М.О., Годинчук Н.В., Грищенко О.М. Динаміка показників гумусного стану ґрунтів Українського Полісся. *Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів»*. 2018. Вип. 7. С. 8–12.
16. Вишневський Ф.О., Паламарчук Р.П., Довбиш Л.Л., Залевський Р.А. Динаміка вмісту гумусу в ґрунтовому покриві орних земель Андрушівського району Житомирської області. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 2. С. 44–49.
17. Грищенко О.М., Романова С.А., Запасний В.С., Шабанова І.І. Зональні особливості динаміки вмісту гумусу в ґрунтах Чернігівської області. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 115–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227248>
18. Рижук С.М., Мельничук А.О., Савчук О.І. та ін. Ефективність вирощування жита озимого на осушуваних ґрунтах Полісся в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234473>
19. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: КП «Міська друкарня». 2011. 30 с.
20. Зозуля А.К., Дудченко І.В., Котвицький В.Б. Рекомендації по визначенню балансу гумусу та поживних речовин в господарствах Волинської області. Луцьк: «Міська типографія». 1996. 98 с.

REFERENCES

1. Savchuk, O.I., Melnychuk, A.O., Drebot, O.V. et al. (2018). Stan ta vykorystannia osushenykh zemel Zhytomyrskoho Polissia v umovakh zmin klimatu [Condition and use of drained lands of Zhytomyr Polissia under climate change conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats «Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia» — Collection of scientific papers «Agro-industrial production of Polissia»*, 11, 12–16 [in Ukrainian].
2. Boiko, P.I., Martyniuk, I.V. & Tsymbal, Ya.S. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntspiv u systemakh zemlerobstva [Development of crop rotation principles in farming systems]. *Visnyk ahraryoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 3, 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01> [in Ukrainian].
3. Boiko, P.I., Litvinov, D.V., Tsymbal, Ya.S. & Kudria, S.O. (2018). Pryntsypy rozroblennia system riznorotatsiinykh sivozmin v Ukraini [Principles of development of multi-rotation crop rotation systems in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» — Collection of scientific works of the NSC «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences»*, 1, 1–14 [in Ukrainian].
4. Hiel, M., Barbieux, S., Pierreux, J. et al. (2018). Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *Peer J.*, 1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4836> [in English].
5. Bruns, H.A. & Godwin, Aflakpui (Ed.). (2012). Concepts in Crop Rotations. Agricultural Science. London, UK: Intech Open Limited, 25–48. DOI: <https://doi.org/10.5772/35935> [in English].
6. Artemenko, S. (2017). Kukurudzа v korotkorotatsiinii sivozmini [Maize in short-rotation crop rotation]. *Propozystiia — Offer*, 1, 82–87 [in Ukrainian].
7. Rudyk, R.I., Didkivskiy, M.P., Herasymchuk, V.I. et al. (2015). Perezymivlia ripaku na praktytisi [Overwintering of rapeseed in practice]. *Ahronomiia sohodni — Agronomy today*, 5–6 [in Ukrainian].
8. Yehorov, O.V., Zhydok, N.P., Hryshchenko, O.M. & Shabanova, I.I. (2021). Vplyv dobryv na pokaznyky rodniuchosti dervno-pidzolystrykh gruntiv ta produktyvnist korokorotatsiinykh sivozmin Polissia [The influence of fertilizers on the fertility indicators of sod-podzolic soils and the productivity of corokorotational crop rotations in Polissia]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroekological journal*, 3, 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329> [in Ukrainian].
9. Ivanyshyn, V.V., Shuvar, I.A. (Eds.) & Roik, M.V. et al. (2016). *Biologizatsiia zemlerobstva v Ukraini: realiti ta perspektivy* [Biologization of agriculture in Ukraine: realities and prospects]. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte [in Ukrainian].
10. Romanova, S.A., Hulvanskyi, I.M., Zadorozhna, S.V. & Matvieieva, V.O. (2019). Balans humusu v korotkorotatsiinii polovii sivozmini [Humus balance in short-rotation field crop rotation]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroekological journal*, 4, 29–32 [in Ukrainian].
11. Haruna, S.I. & Nkongolo, N.V. (2019). Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*, 11 (10), 2770. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11102770> [in English].
12. Stanislav, Torma, Jozef, Vilček, Tomáš, Lošák et al. (2018). Residual plant nutrients in crop residues — an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science*, 68 (4), 358–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134> [in English].

13. Aulakh, M.S., Khera, T.S., Doran, J.W. et al. (2000). Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1867–1876. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6451867x> [in English].
14. Polovyi, V.M., Yashchenko, L.A., Rovna, H.F. & Kolesnyk, T.M. (2022). Ekolooho-ekonomichni aspekty vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur na dernovo-podzolistomu hruntii Zakhidnoho Polissia Ukrainy [Ecological and economic aspects of growing agricultural crops on the sod-podzolic soil of the Western Polissia of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257127> [in Ukrainian].
15. Venhliynskiy, M.O., Hodynychuk, N.V. & Hryshchenko, O.M. (2018). Dynamika pokaznykiv humusnoho stanu gruntiv Ukrainського Polissia [Dynamics of indicators of the humus state of the soils of the Ukrainian Polissia]. *Zbirnyk naukovykh prats «Okhorona gruntiv» — Collection of scientific works «Soil protection»*, 7, 8–12 [in Ukrainian].
16. Vyshnevskiy, F.O., Palamarchuk, R.P., Dovbysh, L.L. & Zalevskiy, R.A. (2018). Dynamika vmistu humusu v gruntovomu pokryvi ornykh zemel Andrushivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti [Dynamics of humus content in the soil cover of arable lands of Andrushiv district, Zhytomyr region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 44–49 [in Ukrainian].
17. Hryshchenko, O.M., Romanova, S.A., Zapasnyi, V.S. & Shabanova, I.I. (2021). Zonalni osoblyvosti dynamiky vmistu humusu v gruntakh Chernihivskoi oblasti [Zonal features of the dynamics of humus content in the soils of the Chernihiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 115–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227248> [in Ukrainian].
18. Ryzhuk, S.M., Melnychuk, A.O., Savchuk, O.I. et al. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannya zhyta ozymoho na osushuvanykh gruntakh Polissia v umovakh zmin klimatu [Effectiveness of growing winter rye on drained soils of Polissia in conditions of climate change]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 8, 73–78. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234473> [in Ukrainian].
19. Baliuk, S.A., Hrekov, V.O. & Lisovyi, M.V. (2011). *Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia* [Calculation of the balance of humus and nutrients in the agriculture of Ukraine at different levels of management]. Kharkiv: Miska drukarnia [in Ukrainian].
20. Zozulya, A., Dudchenko, I. & Kotvyts'kyy, V. (1996). *Rekomendatsii po vyznachenniu balansu humusu ta pozhyvnykh rehovyn v hospodarstvakh Volynskoi oblasti* [Recommendations for determining the balance of humus and nutrients in farms of the Volyn region]. Lutsk: Miska topohrafiia [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 08.12.2022
