УДК 631.582:631.895:631.452

НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНІ КОРОТКОРОТАЦІЙНІ СІВОЗМІНИ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕРОБСТВА КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

О. Качмар, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0382-6030

О. Вавринович, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-3466-1432

О. Дубицький, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0002-8293-4119

А. Дубицька, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5685-0237

М. Щерба, науковий співробітник

ORCID ID: 0000-0002-0773-6382

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

А. Вовк, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-0445-1947

Національний університет «Львівська політехніка»<https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.038>

Качмар О., Вавринович О., Дубицький О., Дубицька А., Щерба М., Вовк А. Науково обґрунтовані короткоротаційні сівозміни в системах землеробства Карпатського регіону

За результатами довготривалих стаціонарних досліджень обґрунтовано вплив традиційних органо-мінеральних та альтернативних (із застосуванням соломи й сидерату на помірних мінеральних фонах) систем удобрення на формування гумусного режиму ґрунту, баланс поживних елементів та продуктивність сівозмін. Встановлено, що найвищі значення нестабільних органічних речовин під посівами пшениці озимої формуються в плодозмінній та зерно-кормовій сівозмінах. Залежно від систем удобрення показники лабільного гумусу тримаються в межах 411,36–467,07 мг/100 г (плодозмінна сівозміна) та 481,12–521,47 мг/100 г (зерно-кормова сівозміна), водорозчинного – відповідно 14,46–18,52 та 19,55–20,46 мг/100 г ґрунту. Доведено, що застосування на 1 га сівозмінної площі 8–10 т гною й мінеральних добрив у дозі $N_{45-69}P_{60-77}K_{60-77}$, а також зменшення їхньої кількості удвічі за умови заорювання сидерату, побічної продукції забезпечує позитивний баланс азоту, фосфору та калію в усіх досліджуваних сівозмінах. Найбільший вихід зернових одиниць отримано у зернових сівозмінах за внесення на гектар сівозмінної площі 10 т гною у поєднанні з мінеральними добривами у дозах $N_{51,2-66,2}P_{66,2-68,7}K_{66,2-68,7}$ (4,00–4,41 т/га й 3,17–3,60 т/га). Максимальний вихід кормових одиниць отримано в плодозмінній (5,94–6,96 т/га залежно від системи удобрення) і зерно-кормовій (5,46–6,56 т/га) сівозмінах. Застосування на гектар сівозмінної площі 8–10 т гною й мінеральних добрив у дозі $N_{45-69}P_{60-77}K_{60-77}$, а також зменшення їхньої кількості удвічі за умови заорювання сидерату, побічної продукції в короткоротаційних сівозмінах забезпечує високий рівень їхньої продуктивності, позитивний баланс основних елементів живлення рослин, активізує гумусотвірні процеси в ґрунті, що сприяє накопиченню нестабільних гумусових речовин.

Ключові слова: сівозміни, продуктивність, системи удобрення, родючість ґрунту.

Kachmar O., Vavrynych O., Dubytskyi O., Dubytska A., Shcherba M., Vovk A. Scientifically substantiated short crop rotations in the systems of arable farming in the Carpathian region

The results of long-term stationary studies substantiate the influence of traditional organic-mineral and alternative (with the use of straw and siderate on moderate mineral backgrounds) fertilization systems on the formation of humus soil regime, nutrient balance, and crop rotation productivity. It is established that the highest values of unstable organic matter under winter wheat crops are formed in fruit-bearing and grain-forage crop rotations and, depending on the fertilization systems, indicators of labile humus are in the range of 411.36–467.07 mg/100 g (fruit-bearing) and 481.12–521.47 mg/100 g (grain-forage), water-soluble one - 14.46–18.52 and 19.55–20.46 mg/100 g of soil respectively. It is argued that application of 8–10 tons of manure and mineral fertilizers at a rate of $N_{45-69}P_{60-77}K_{60-77}$ per one hectare of crop rotation area, as well as reduction of their volume twice with plowing of siderate and by-products provides a positive balance of nitrogen, phosphorus and potassium in all studied crop rotations. The highest yield of grain units was obtained in grain crop rotations when 10 ha/ha of manure combined with mineral fertilizers in rates of $N_{51,2-66,2}P_{66,2-68,7}K_{66,2-68,7}$ (4.00–4.41 t/ha and 3.17–3.60 t/ha). The maximum yield of fodder units was obtained in fruit-bearing (5.94–6.96 t/ha depending on the fertilization system) and grain-forage (5.46–6.56 t/ha) crop rotations. Application of 8–10 t of manure and mineral fertilizers at a rate of

N₄₅₋₆₉P₆₀₋₇₇K₆₀₋₇₇, per one hectare of crop rotation area, as well as their reduction in half by plowing of siderate and by-products in short rotational crop rotations ensures a high level of their productivity, a positive balance of the basic elements plant nutrition. It also activates humus-forming processes in the soil and promotes accumulation of unstable humus substances.

Key words: crop rotation, productivity, fertilization systems, soil fertility.

Постановка проблеми. У сучасних умовах господарювання, після тривалого періоду функціонування аграрного виробництва за спрощеними схемами ведення землеробства з антропогенно небезпечним навантаженням ґрунтів синтетичними добривальними складовими та невиваженими екологічно загрозованими підходами до захисту рослин у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, порушенням логістики запровадження сівозмін або повним нехтуванням ними, відбулося переформатування пріоритетів ефективного рільництва. Незалежно від рівня інтенсивності господарювання, спеціалізації виробництва в господарсько-організаційних структурах виникає висока потреба в запровадженні науково обґрунтованих сівозмін – важливої умови нарощування продуктивності, біологічного методу регулювання фітосанітарного стану посівів й родючості ґрунту. Особливо актуальними є сівозмін короткої ротації з різним насиченням зерновими культурами й застосуванням альтернативних систем удобрення за рахунок використання нетоварної продукції рослинництва й сидератів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпечення продовольчої безпеки держави, підвищення стійкості й результативності сільськогосподарського виробництва можливі лише на основі запровадження високоефективних екологічностабілізуючих систем землеробства, визначальною, базовою складовою яких є науково обґрунтовані сівозмін зі спектром культур, адаптованих до зональних ґрунтово-кліматичних, соціальних і господарських умов [1; 4–6; 10]. З огляду на особливості ґрунтово-кліматичних умов Карпатського регіону, його ресурсний та виробничий потенціал, специфіку ведення сільськогосподарського виробництва в системах рільництва найбільш ефективними є короткоротаційні сівозмін, орієнтовані на ринкову кон'юнктуру [8].

Важливу роль у системі агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності сівозмін, відтворення родючості ґрунтів, досягнення господарсько-корисного співвідношення між культурними рослинами і бур'янами, відіграє комплексне використання органічних і мінеральних добрив, найбільший ефект від яких

можна отримати за збереження науково обґрунтованих способів їхнього застосування з врахуванням біологічних особливостей вирощуваної культури. В умовах зменшення обсягів внесення гною необхідно залучати в біологічний кругообіг побічну продукцію рослинництва й сидерацію як важливі заходи поповнення ґрунтового середовища органічною речовиною, активізації біологічних процесів, раціоналізації поживного режиму, покращання родючості ґрунту, а отже, підвищення рівня його біопродукування [6–8].

Постановка завдання. Нашим завданням було дослідити науково обґрунтовані короткоротаційні сівозмін, адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов Карпатського регіону, та екологічно безпечні системи удобрення, які забезпечують високий рівень урожайності сільськогосподарських культур та сприяють розширеному відтворенню родючості ґрунтів.

Умови і методи досліджень. Дослідження виконували в умовах експериментального полігону, який має статус довготривалого стаціонарного польового дослідів і внесений до Реєстру стаціонарних дослідів України (номер атестата – 053). Дослід закладено у 2001 році в кліматичних умовах зони Західного Лісостепу на сірому лісовому поверхнево оgleєному ґрунті. Кількість досліджуваних факторів – 2 (ділянки першого порядку – системи короткоротаційних сівозмін, другого – системи удобрення).

Вивчали дев'ять польових різноротаційних сівозмін (3-4-5-пільні) із насиченням зерновими культурами від 50 до 100 % на варіантах застосування традиційних (посадання мінеральних добрив і гною) та альтернативних (компонування мінеральних добрив, соломи, поживних сидератів) органо-мінеральних систем удобрення і без внесення добрив (контроль).

Порядок чергування культур і нумерація сівозмін у досліді такі: чотирипільні – зернова: горох – пшениця озима – пшениця озима – овес (1); зернова: горох – пшениця озима – кукурудза (зерно) – овес (2); зерно-кормова: конюшина лучна – пшениця озима – пшениця озима – ячмінь ярий + конюшина лучна (3); плодозмінна: конюшина лучна – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий + конюшина лучна (4); зернопросапна:

гречка – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий (5); п'ятипільні – зернопросапна: кукурудза (на зелену масу) – пшениця озима – гречка – соя – пшениця озима (6); зернопросапна: кукурудза (на зелену масу) – пшениця озима – ячмінь ярий – соя – пшениця озима (7); трипільні – зернова: пшениця озима – соя – пшениця озима (8); зернова: пшениця озима – кормові боби – пшениця озима (9). У традиційній системі удобрення на фоні гною (40 т один раз за ротацию сівозміни під просапні культури, а в 1 і 3 сівозмінах – під пшеницю озиму в повторних посівах) вносили мінеральні добрива в дозі: під пшеницю озиму – $N_{60}P_{90}K_{90}$, ячмінь ярий – $N_{60}P_{60}K_{60}$, овес – $N_{40}P_{40}K_{40}$, гречку – $N_{60}P_{60}K_{60}$, горох – $N_{45}P_{45}K_{45}$, сою і боби кормові – $N_{45}P_{45}K_{45}$, картоплю – $N_{90}P_{90}K_{90}$, кукурудзу – $N_{120}P_{100}K_{100}$. В альтернативній системі за половинних доз мінеральних добрив на фоні заорювання всієї побічної продукції вирощуваних культур один раз за ротацию висівали редьку олійну на сидерат у післяжнивних посівах (під ті самі культури, де в традиційній системі вносили гній, при цьому вносили повні дози мінерального живлення). Повторність варіантів триразова, розташування послідовне. Загальна площа ділянки за сівозмінним фактором становила 864 м², за удобренням: загальна – 96 м², облікова – 60 м². Входження культур у сівозміну здійснювалося одночасно всіма полями.

Аналітичні визначення проводили за методами, на які розроблені державні стандарти та

гармонізовані до акредитованих у міжнародних системах сертифікації нормативні документи.

Зразки сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464-2001.

Вміст доступної органічної речовини ґрунту (лабільний гумус) визначали за Єгоровим (ДСТУ 4732:2007), водорозчинної органічної речовини (водорозчинний гумус) – за Тюрнім у модифікації Сімакова (ДСТУ 4731:2007).

У дослідженнях були застосовані такі методи: польовий, лабораторно-аналітичний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний.

Виклад основного матеріалу. Науково доведено, що важливими чинниками формування високої продуктивності культур, оптимізації поживного режиму ґрунту є його забезпеченість органічними речовинами, особливо рухомими їхніми формами [3]. Ми встановили, що найвищі значення нестабільних органічних речовин під посівами пшениці озимої формувалися на початкових фазах вегетації в плодозмінній та зерно-кормовій сівозмінах. Так, на час сходів культури залежно від систем удобрення показники лабільного гумусу трималися в межах 411,36–467,07 мг/100 г (плодозмінна сівозміна) та 481,12–521,47 мг/100 г (зерно-кормова сівозміна), водорозчинного – відповідно 14,46–18,52 та 19,55–20,46 мг/100 г ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1

**Вплив систем удобрення на динаміку змін нестабільних гумусових речовин
упродовж вегетації пшениці озимої, мг/100 г ґрунту**

Номер та вид сівозміни	Удобрення пшениці озимої	Форма гумусу					
		лабільний			водорозчинний		
		фаза розвитку рослин					
		сходи	колосіння	повна стиглість	сходи	колосіння	повна стиглість
1	2	3	4	5	6	7	8
попередник – конюшина лучна							
4 – плодо- змінна	Контроль	354,12	312,23	318,28	11,63	10,25	10,42
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	467,07	430,41	441,35	18,52	16,31	16,62
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	411,36	371,51	379,42	14,46	12,51	12,73
попередник – горох							
1 – зернова	Контроль	336,23	294,27	299,34	11,43	10,17	10,33
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	452,38	412,38	422,51	17,55	15,43	15,73
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	388,47	347,41	354,28	14,29	12,16	12,37
попередник – гречка							
5 – зерно- просапна	Контроль	307,51	260,53	264,77	11,04	9,83	10,0
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	431,74	385,41	394,56	16,12	14,52	14,83
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	364,62	322,37	328,81	14,08	11,84	12,06

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
попередник – пшениця озима							
3 – зерно-кормова	Контроль	324,14	281,44	284,81	11,21	10,10	10,27
	Гній, 40 т/га + N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	521,47	487,54	502,12	20,46	17,74	18,15
	Сидерат + N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + п.п.	481,12	443,27	456,07	19,55	16,41	16,72
попередник – кукурудза							
6 – зерно-просапна	Контроль	285,34	238,34	241,52	10,85	9,68	9,85
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	460,47	424,57	436,42	18,23	16,18	16,49
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	435,16	396,61	405,22	14,88	12,27	12,49

Рис. 1. Динаміка лабільного й водорозчинного гумусу за різних систем удобрення під кукурудзою на зерно, мг/100 г ґрунту.

Примітка: 1 – Контроль; 2 – Гній, 40 т/га + N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀; 3 – Сидерат + N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ + п. п.

Рис. 2. Динаміка лабільного й водорозчинного гумусу за різних систем удобрення в орному шарі ґрунту під картоплею, мг/100 г ґрунту.

Примітка: 1 – Контроль; 2 – Гній, 40 т/га + N₉₀P₉₀K₉₀; 3 – Сидерат + N₉₀P₉₀K₉₀ + п. п.

Найнижчі темпи гумусотвірних процесів спостерігали в чотирипільній зернопросапній сівоzmіні – 364,62–431,74 і 14,08–16,12 мг/100 г ґрунту відповідно лабільного та водорозчинного гумусу. Вплив попередників на процеси гумусонакопичення найкраще простежується на неудобрених варіантах. У наших дослідженнях найвищих значень він набував після конюшини лучної в плодозмінній сівоzmіні (354,12 й 11,63 мг/100 г ґрунту).

Сумісне внесення мінеральних добрив $N_{120}P_{100}K_{100}$ під кукурудзу та $N_{90}P_{90}K_{90}$ під картоплю на фоні гною (40 т/га) сприяло отриманню 568,36 та 537,61 і 22,74 та 21,87 мг/100 г ґрунту лабільного й водорозчинного гумусу відповідно в зерновій та плодозмінній сівоzmінах. Застосування альтернативної системи удобрення забезпечило

їхні значення на рівні 482,15–470,84 і 19,47–20,21 мг/100 г ґрунту (див. рис. 1, 2).

Баланс поживних речовин є інтегральним показником екологічно безпечного функціонування ґрунтових систем і режимів [4]. У наших дослідженнях балансові розрахунки (рис. 3, 4) елементів живлення у сівоzmінах на різних системах удобрення показали, що застосування на один гектар сівоzmінної площі 8–10 т гною і мінеральних добрив у дозі $N_{45-69}P_{60-77}K_{60-77}$, а також зменшення їхньої кількості удвічі за умови заорювання сидерату, побічної продукції забезпечує позитивний баланс азоту в усіх досліджуваних сівоzmінах у межах від +28,9–48,4 кг/га (традиційна система) та +21,3–35,4 кг/га (альтернативна система).

Рис. 3. Баланс поживних речовин у сівоzmінах, кг/га.

Примітка: Сівоzmіни: 1 – зернова (100 % н. з. к.); 2 – зернова (100 % н. з. к.); 3 – зерно-кормова (75 % н. з. к.); 4 – плодозмінна (50 % н. з. к.); 5 – зернопросапна (75 % н. з. к.); 6 – зернопросапна (80 % н. з. к.); 7 – зернопросапна (80 % н. з. к.).

Продуктивність різноротаційних сівозмін

Номер та вид сівозміни	Система удобрення, на 1 га сівозмінної площі	Вихід, т/га			
		всього зерна	зернових одиниць	кормових одиниць	перетравного протеїну
1 – зернова	Без добрив (контроль)	2,10	2,12	2,40	0,25
	Гній 10 т, N _{51,2} P _{66,2} K _{66,2}	4,10	4,00	4,64	0,47
	N _{33,1} P _{44,4} K _{44,4}	3,20	3,17	3,85	0,37
2 – зернова	Без добрив (контроль)	2,46	2,48	2,92	0,28
	Гній 10 т, N _{62,2} P _{68,7} K _{68,7}	4,46	4,41	5,35	0,48
	N _{48,1} P _{46,9} K _{46,9}	3,60	3,60	4,30	0,38
3 – зерно-кормова	Без добрив (контроль)	1,66	1,57	4,10	0,42
	Гній 10 т, N _{45,0} P _{60,0} K _{60,0}	3,40	3,22	6,56	0,66
	N _{30,0} P _{41,2} K _{41,2}	2,65	2,50	5,46	0,55
4 – плодозмінна	Без добрив (контроль)	1,23	1,71	4,42	0,42
	Гній 10 т, N _{52,5} P _{60,0} K _{60,0}	2,15	3,35	6,96	0,61
	N _{37,5} P _{41,2} K _{41,2}	1,64	2,72	5,94	0,52
5 – зерно-просапна	Без добрив (контроль)	1,46	2,03	2,35	0,18
	Гній 10 т, N _{67,5} P _{75,0} K _{75,0}	2,46	3,76	4,59	0,32
	N _{45,0} P _{48,7} K _{48,7}	1,94	3,05	3,67	0,26
6 – зерно-просапна	Без добрив (контроль)	1,69	1,78	2,96	0,27
	Гній 10 т, N _{69,0} P _{77,0} K _{77,0}	2,91	3,03	5,22	0,47
	N _{46,5} P _{48,5} K _{48,5}	2,28	2,40	4,19	0,38
7 – зерно-просапна	Без добрив (контроль)	1,53	1,80	2,63	0,27
	Гній 10 т, N _{69,0} P _{77,0} K _{77,0}	2,53	4,96	4,57	0,45
	N _{46,5} P _{48,5} K _{48,5}	1,97	2,33	3,65	0,36

Найвищі показники нагромадження азоту відмічено у плодозмінній (+48,4 кг/га), зерно-просапних (+39,6–44,9 кг/га) сівозмінах на варіанті традиційної системи удобрення. Найнижчі значення балансу азоту (+28,9–33,1 кг/га) були у зернових сівозмінах.

Позитивний баланс фосфору забезпечили всі застосовані системи удобрення в усіх досліджуваних сівозмінах. Найбільших значень цей показник набував на традиційних органо-мінеральних фонах зернопросапних (+65,4–67,8 кг/га) сівозмін. Дещо нижчі його показники були у зерновій (+52,0 кг/га), плодозмінній (+45,0 кг/га) і зерно-кормовій (+44,3 кг/га) сівозмінах.

Високий рівень нагромадження калію спостерігали за сумісного застосування традиційних органічних і повних доз мінеральних добрив в обох п'ятипільних зернопросапних сівозмінах (+50,0, +50,5 кг/га), зерновій (+46,4 кг/га) та зернопросапній сівозмінах (+45,8 кг/га).

Ефективність сівозмін оцінюють за їхньою загальною продуктивністю [7; 9]. Встановлено, що найбільший вихід зернових одиниць отримано у

зернових (горох – пшениця озима – пшениця озима – овес; горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – пшениця озима) сівозмінах із застосуванням на гектар сівозмінної площі 10 т гною у поєднанні з мінеральними добривами у дозах N_{51,2}-P_{66,2}-K_{66,2}-P_{68,7}-K_{68,7} (4,00–4,41 т/га й 3,17–3,60 т/га). Із зменшенням частки зернових у структурі сівозмін вихід зерна зменшувався і у п'ятипільній зернопросапній (кукурудза (на зелену масу) – пшениця озима – ячмінь ярий – соя – пшениця озима) сівозміні складав 3,03 т/га (табл. 2).

Максимальний вихід кормових одиниць залежно від системи удобрення спостерігали в плодозмінній (5,94–6,96 т/га) і зерно-кормовій (5,46–6,56 т/га) сівозмінах.

Висновки. Застосування на один гектар сівозмінної площі 8–10 т гною й мінеральних добрив у дозі N₄₅₋₆₉P₆₀₋₇₇K₆₀₋₇₇, а також зменшення їхньої кількості удвічі за умови заорювання сидерату, побічної продукції в короткоротаційних сівозмінах забезпечує високий рівень продуктивності, позитивний баланс основних елементів живлення рослин, активізує гумусотвірні процеси

в ґрунті, сприяє накопиченню лабільних і водорозчинних гумусових речовин.

Бібліографічний список

1. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Опара М. М. Ефективні різноротаційні сівоزمіни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 20–32.
2. Бойко П. І., Літвінов Д. В. Ефективність короткоротаційних сівозмін у сучасних системах землеробства. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 45. С. 42–55.
3. Дегодюк С. Е., Літвінова О. А., Боднар Ю. Д. Вплив тривалого застосування добрив у сівозміні на зміни потенційної і ефективної родючості сірого лісового ґрунту. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* 2016. Вип. 1. С. 43–48.
4. Дегодюк С. Е., Літвінова О. А., Кириченко А. В. Баланс поживних речовин за тривалого застосування добрив у зернопросапній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 7 (737). С. 16–19.
5. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* 2015. Вип. 1. С. 23–27.
6. Камінський В. Ф. Сівозміна як основа сталого землекористування та продовольчої безпеки України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 2. С. 3–13.
7. Ткаченко М. А., Літвінов Д. В. Продуктивність типових сівозмін Лісостепу залежно від інтенсивності агрономічного навантаження. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 100–106.
8. Формування сівозміни як засобу запобігання деградації та підвищення родючості ґрунтів Карпатського регіону / О. Й. Качмар та ін. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* 2018. Вип. 2. С. 20–25.
9. Цвей Я. П., Горобець А. М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін в Лісостепу України. *Цукрові буряки*. 2006. № 6. С. 10–11.
10. Gadzalo Ya. M., Kaminsky V. F., Saiko V. F. Crop rotations in agriculture of Ukraine. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* 2015. Вип. 1. С. 3–6.

Стаття надійшла 12.03.2020