

© О.-Я. Я. Процайло, О. Й. Качмар, 2026
УДК 633.15:631.452:631.895:631.582

DOI: 10.32636/agroscience.2026-(5)-3-4

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ НА РОДЮЧІСТЬ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Олександр-Ярослав ПРОЦАЙЛО, аспірант, ORCID: 0009-0009-2815-1314
Оксана КАЧМАР, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-0382-6030

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна
oksanaostrowska@ukr.net

У статті наведено результати досліджень формування ефективної родючості сірого лісового ґрунту за вирощування кукурудзи на зерно в п'ятипільних польових сівозмінах під впливом систем удобрення та попередників. Встановлено, що вищі значення рухомих форм основних елементів живлення рослин протягом вегетації культури на неудобрених фонах були після попередників соя (у фазі сходів в орному шарі концентраційний рівень сполук легко гідролізного азоту становив 115,2-117,0 мг/кг, доступного фосфору – 119,1-119,7, калію – 104,4-105,4 мг/кг ґрунту) та пшениця озима (відповідно за досліджуваними нутрієнтами: 113,1-113,6, 116,1-116,8 і 102,9-103,6 мг/кг ґрунту), нижчі – після картоплі та кукурудзи. Застосування органо-мінеральних систем удобрення забезпечувало зростання показників родючості ґрунту. Вищі значення легкогідролізного азоту, рухомих форм фосфору й калію впродовж вегетації кукурудзи на зерно формувались на варіантах раціональної та інтенсивної систем удобрення за сумісного внесення безпосередньо під культуру N₁₂₀-150P₁₀₀-120K₁₀₀-120 на фоні побічної продукції попередника пшениці озимої та заорювання післяжнивної редьки олійної і сприяло отриманню 7,62-9,93 т/га зерна культури.

Ключові слова: кукурудза, попередники, удобрення, родючість ґрунту, поживний режим, сівозміна.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons

Вступ

Високий рівень ефективної родючості ґрунтів, їх екологічна стійкість, функціональна біопродуктивна стабільність є визначальною умовою результативності та конкурентоспроможності аграрного виробництва, отримання вагомих урожаїв сільськогосподарських культур (Baliuk, S. A., Nosko, B. S. & Vorotyntseva, L. I., 2018; Gamayunova V., Khonenko L., Baklanova T., Kovalenko O., Pilipenko T., 2020; Nosko, B. S., Medvediev, V. V. & Nepochatov, O. P., 2000; Majumdar K., Norton R., Murrell T. S., Garcia F., Zingore S., Prochnow L. I., Pampolino M., Boulal H., Dutta S., Francisco E., Tan M. S., He P., Singh K., Oberthür T., 2021).

Для максимальної реалізації потенціалу продуктивності кукурудзи на зерно необхідним є оптимізація середовища її життєіснування, повна забезпеченість рослин елементами живлення за найбільш фізіологічно комфортного водно-фізичного, теплового, гербологічного стану ґрунту. У цьому аспекті важливими агротехнологічними чинниками управління процесами ґрунтового докращення і біолого-репродуктивними функціями життєдіяльності рослин є удобрення. Його потрібно розглядати комплексно, як багатоеlementну складову сівозмінно-технологічних систем, де раціонально поєднуються мінеральні й органічні компоненти, внесені безпосередньо під культуру, або під різновіддалені у сівозміні попередники. Тобто з урахуванням прямого впливу на культуру, або у післядії (Pacheco, C.A., Oliveira, A., Tomaz, A., 2023; Dawson C. J., Hilton J., 2011; Hospodarenko H.,

Liubych V., Stotskyi V., 2022; Karabach, K., Tarasyuk, V., Trach, I., Vitrovchak, L., & Bezikonnyi, P., 2025; Smetanska I. M., 2000).

Численними науковими дослідженнями доведено ефективність органо-мінеральних систем удобрення як за впливом на рослину, так і на відновні реабілітаційно-регенераційні ґрунтові режими (O. Y. Kachmar, A. O. Dubyska, M. M. Shcherba, I. V. Saveryn, O. V. Taravska, A. I. Vovk, Z. O. Kotyk, 2022; Hospodarenko, H. M., Prokopchuk, I. V., Stasinievych, O. Yu. & Boiko V. P., 2019; Hrynko, Yu. & Kharytonova, D., 2019; Panayotova G., Kostadinova S., Aleksieva S., Slavova N., Aladzhova C., 2018; Arbačauskas J., Masevičienė A., Staugaitis G., Žičkienė L., Šumskis D., Vaišvila Z., 2021). За таких умов забезпечується посилення рециркуляції елементів живлення та їх кругообіг у цілому, формуються оптимальні умови збереження і відновлення родючості ґрунтів – базової вимоги ведення землеробства.

Відсутність достатньої кількості традиційного органічного добрива – гною великої рогатої худоби вимагає наукового пошуку альтернативного джерела поповнення ґрунту органічними речовинами. Експериментальними дослідженнями підтверджено результативність залишення максимально можливої кількості побічної продукції вирощуваних рослин (соломи зернових культур, стебел кукурудзи на зерно), включення у сівозміну сидеральних культур в основному, післяукісному чи післяжнивному вирощуванні для забезпечення ґрунтового

середовища достатньою кількістю органічного субстрату (Tsytysura, Y. G.; 2025; Y. Tsytysura, 2026; Shao J., Gao C., Afi Seglah P., Xie J., Zhao L., Bi Y., Wang Y., 2023).

Згідно досліджень, проведених О. А. Літвіною, використання побічної продукції усіх сільськогосподарських культур сівозмін у поєднанні з помірними дозами мінеральних і органічних добрив сприяє збалансуванню елементів живлення у сірому лісовому ґрунті, покращенню забезпеченості рослин доступними сполуками калію на рівні подвійної дози гною або мінеральних добрив (Litvinova O.A., 2023).

За інтенсивного агровиробництва сидеральні культури рекомендовано вирощувати у післяжнивних посівах зернових культур на фонах подрібненої соломи (О. Y. Kachmar, A. O. Dubytska, M. M. Shcherba, I. V. Saveryn, O. V. Taravska, A. I. Vovk, Z. O. Kotyck, 2022). Особливо ефективним таке компонування є в ґрунтово-кліматичних умовах Західного регіону України. Достатні вологозапаси

ґрунтів та підвищений температурний режим останніх десятиліть сприяють не тільки активізації процесів мінералізації свіжої органічної речовини, але й накопиченню вологи в зеленій масі сидерату та пролонговане її вивільненні протягом наступних періодів. На мінеральних фонах такі агротехнологічні прийоми забезпечують також нагромадження й перерозподіл поживних речовин протягом усієї вегетації рослин, формують збалансоване за елементами живлення агрохімічне ґрунтове середовище.

Матеріали і методи

Дослідження проводили протягом 2024-2025 рр. в умовах багаторічного експериментального стаціонарного полігону Інституту сільського господарства Карпатського регіону.

У таблиці 1 подано скорочену схему дослідів. Нумерацію сівозмін збережено у відповідності до повної структури експерименту.

Таблиця 1. Схема дослідів

Таблиця 1. Схема досліду				
№	Сівозміни	Система удобрення		
		Контроль (без добрив)	Раціональна	Інтенсивна
1. Плодозмінна сівозміна				
1	Багаторічні трави (конюшина лучна)	-	P ₃₀ K ₃₀	P ₄₅ K ₄₅
2	Пшениця озима	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
3	Картопля	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + п. п. + сидерат
4	Кукурудза на зерно	-	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
5	Ячмінь з підсівом конюшини	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + п. п.
3. Зерно-трав'яна сівозміна				
1	Однорічні трави (вико-овес)	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + п. п.
2	Жито озиме	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
3	Ріпак озимий	-	N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₄₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₈₀ + п. п.
4	Соя	-	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п. + сидерат	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п. + сидерат
5	Кукурудза на зерно	-	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.
4. Зернова сівозміна				
1	Горох	-	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.
2	Пшениця озима	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.
3	Овес	-	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п. + сидерат	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п. + сидерат
4	Соя	-	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.
5	Кукурудза на зерно	-	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.
5. Зернова сівозміна				
1	Соя	-	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.
2	Пшениця озима	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.
3	Кукурудза на зерно	-	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат
4	Овес	-	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.
5	Жито озиме	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + п. п.
7. Зернова сівозміна				
1	Боби кормові	-	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.
2	Пшениця озима	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.
3	Кукурудза на зерно	-	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат
4	Кукурудза на зерно	-	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.
5	Овес	-	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.

Примітка: п.п. – побічна продукція

Дослід закладено в 2001 році на сірому лісовому поверхнево оглеєному крупно пилюватому легкосуглинковому ґрунті, орний (0–20 см) шар якого характеризувався наступними усередненими вихідними показниками родючості: pH_{KCl} 4,70–4,84, гідролітична кислотність (за Каппеном) – 2,26 і сума вбирних основ 4,4–5,0 мг-екв/100 г ґрунту, вміст рухомих форм фосфору та калію (за Кірсановим) відповідно – 108,0–111,1 та 93–95 мг/кг ґрунту, вміст гумусу 1,67–1,71 %.

Кількість досліджуваних факторів – 2 (ділянки першого порядку – системи короткоротаційних спеціалізованих сівозмін, другого – системи удобрення). Розміщення варіантів послідовне, повторність трикратна. Освоєння сівозміни всіма полями. Посівна площа ділянок першого порядку 810 м², облікова – 676 м²; другого порядку відповідно 90 і 52 м².

У досліді закладено і вивчається вісім польових п'ятипольних сівозмін чотирьох видів (плодозмінна, зерно-просапна, дві зерно-трав'яні, чотири зернові). У статті представлено результати досліджень, отриманих у п'яти сівозмінах на варіантах застосування органо-мінеральних систем удобрення різного рівня інтенсивності.

В досліді застосовували аміачну селітру (34 % д. р), гранульований суперфосфат

Результати та обговорення

Забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур у цілому та урожайності кукурудзи зокрема вимагає вивчення особливостей розміщення її у сучасних системах сівозмін з кращими попередниками та дослідження умов формування ефективної родючості ґрунтів шляхом запровадження збалансованих систем удобрення, які б забезпечували потреби рослин в елементах живлення протягом всієї вегетації, сприяли зворотному їх надходженню в ґрунт із рослинними рештками, відновлюючи ґрунтові запаси та екологічну рівновагу в агроландшафтах (Zaryshnyak A.S., Tsvei Y.P., Ivanina V.V., 2015; Kaminsky V.F., 2018; Potapenko L.V., Gorbachenko N. I., 2021).

Дослідженнями, проведеними в умовах п'яти короткоротаційних сівозмін з різним насиченням зерновими культурами (н. з. к.) встановлено, що на вміст поживних елементів у ґрунті впродовж вегетації кукурудзи проявляли вплив попередники та системи удобрення.

При аналізі ефективності попередника щодо впливу на поживний режим ґрунту надавали перевагу контрольним варіантам, оскільки на удобрених фонах сумарна дія двох антропогенних чинників (попередника і удобрення), залежно від сили впливу кожного з них, може формувати дещо інші закономірності.

Встановлено, що вищі значення сполук легкогідролізного азоту – показника, який

(19,5 % д.р.), калійну сіль (40 % д. р). Агротехніка вирощування культури, крім досліджуваних факторів, загальноприйнята для ґрунтово-кліматичних умов зони.

Під зяблевий обробіток ґрунту заорювали соломку попередника, сидерат (олійна редька), вносили фосфорно-калійні добрива, азотні – під передпосівну культивування.

Відбір ґрунтових проб та підготовку їх до аналізів здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464:2001 у динаміці з шарів 0–20, 20–40 см.

Аналітичні дослідження проводили в лабораторії, яка атестована на відповідність системи керування вимірюваннями вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 (Свідчення N РЛ 009/22, від 07.02.2022 р., видане ДП «Львівстандартметрологія»).

Вміст легкогідролізного азоту визначали за ДСТУ 7863:2015, рухомого фосфору та калію за ДСТУ 4405:2005.

Облік врожаю основної і побічної продукції проводили подільночно методом суцільного обмолоту кожної ділянки з наступним перерахунком на стовідсоткову чистоту та 14 % вологість.

характеризує загальну забезпеченість рослин цим елементом живлення, упродовж вегетаційного періоду на неудобрених варіантах були після попередника соя. Так, на час сходів кукурудзи в орному (0–20 см) шарі ґрунту кількість легкогідролізного азоту становила 115,2 мг/кг ґрунту у зерновій сівозміні і 117,0 мг/кг – у зерно-трав'яній. Нижчі величини (113,1–113,6 мг/кг) спостерігали після пшениці озимої у зернових сівозмінах. Після картоплі у плодозмінній сівозміні рівень легкогідролізного азоту становив 111,4 мг/кг. У зерновій сівозміні, де кукурудзу вирощували у повторних посівах, дворічними дослідженнями відзначено 110,0 мг/кг ґрунту зазначеного елемента живлення рослин. Такі ж закономірності у перерозподілі доступних рослинам сполук азоту спостерігали протягом усієї вегетації кукурудзи. Зокрема, на час викидання кукурудзою волоті у варіантах після сої накопичувалось 103,2–105,2 мг/кг, а після пшениці озимої – 101,2–102,5 мг/кг ґрунту легкогідролізного азоту. Під кукурудзою у повторних посівах відзначено лише 98,1 мг/кг цього показника. За настання повної стиглості культури загальна кількість досліджуваних форм азоту знижувалась за усіма варіантами як внаслідок споживання рослинами, так і проходження мобілізаційних процесів. На неудобрених фонах після усіх попередників їх значення були в межах 91,1–97,9 мг/кг ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив удобрення і попередників на динаміку легкогідролізного азоту, мг/кг ґрунту

Удобрєння кукурудзи	Шар ґрунту, см	Фаза вегетації культури		
		Сходи	Викидання волоті	Повна стиглість
1. Плодозмінна, попередник картопля (60 % н. з. к.)				
контроль	0-20	111,4	99,6	92,6
	20-40	100,5	87,5	81,5
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	0-20	124,9	105,8	96,8
	20-40	113,2	97,4	90,4
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-20	132,3	112,1	101,7
	20-40	115,4	100,0	92,0
3. Зерно-трав'яна, попередник соя (80 % н. з. к.)				
контроль	0-20	117,0	105,0	97,9
	20-40	105,2	96,2	85,1
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	132,7	113,6	104,6
	20-40	116,1	100,1	93,1
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	140,7	119,9	109,2
	20-40	118,5	102,5	94,6
4. Зернова, попередник соя (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	115,2	103,2	96,2
	20-40	104,6	90,6	84,5
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	130,6	113,9	102,4
	20-40	115,5	100,3	91,9
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	138,5	120,4	107,5
	20-40	117,8	102,7	93,9
5. Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	113,6	102,5	94,7
	20-40	103,0	90,3	83,4
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0-20	137,2	114,6	108,9
	20-40	117,7	99,9	97,7
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0-20	145,3	121,1	113,8
	20-40	119,9	102,7	96,0
7. Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	113,1	101,2	94,2
	20-40	102,2	88,7	82,6
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0-20	135,3	113,7	107,3
	20-40	117,1	99,6	94,1
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0-20	143,9	120,6	112,6
	20-40	119,5	102,5	95,5
7. Зернова, попередник кукурудза на зерно (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	110,0	98,1	91,1
	20-40	98,8	86,1	80,2
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	127,2	108,6	99,6
	20-40	114,0	101,8	91,3
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	134,0	113,4	103,8
	20-40	116,5	100,8	92,8

Примітка. н. з. к. - насичення зерновими культурами.

Таким чином, кращими попередниками для накопичення доступних сполук азоту під кукурудзою на зерно є соя та пшениця озима.

Накладання систем удобрення сприяло збільшенню величин легкогідролізного азоту. І тут важливу роль відіграло місце і склад органічної компоненти, оскільки мінеральні фони були однаковими – у раціональній системі застосовували N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀, в інтенсивній - N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀.

У плодозмінній сівозміні під кукурудзу вносили лише мінеральні добрива, органічні – під попередник – картоплю. У зерно-трав'яній та зернових після сої і кукурудзи – поєднували побічну продукцію попередника та мінеральні фони, сидерат – під попередники. У зернових після пшениці озимої – комбонували мінеральні добрива, соломі попередника та зелену масу післязимої редьки олійної.

Вищий рівень сполук легко гідролізного азоту на час сходів культури в орному шарі був на варіантах сумісного внесення $N_{120}P_{100}K_{100}$ + побічна продукція пшениці озимої + сидерат у раціональній системі удобрення зернових сівозмін і складав 135,3-137,2 мг/кг та від застосування цієї ж органічної складової й $N_{150}P_{120}K_{120}$ – 143,9-145,3 мг/кг ґрунту в інтенсивних системах удобрення. І ці значення перевищували за системами удобрення показники, які формувались після сої. Тобто вплив удобрення був вищим за дію попередника.

Внесення безпосередньо під кукурудзу самих мінеральних добрив у плодозмінній сівозміні після картоплі формувало азотний режим з нижчими показниками доступного рослинам досліджуваного елемента живлення (124,9-132,3 мг/кг) у порівнянні до зернової сівозміни з попередником кукурудза, побічну продукцію якої заробляли на аналогічних мінеральних фонах під культуру в повторних посівах (127,2-134,0 мг/кг). Такі ж закономірності за системами удобрення спостерігали протягом усіх досліджуваних фаз вегетації. Найнижчі показники, подібно до контрольних варіантів, були у фазу повної стиглості культури (96,8-113,8 мг/кг ґрунту).

У підорних горизонтах (20-40 см) вміст легкогідролізного азоту був нижчим на усіх досліджуваних варіантах.

Отже, системи удобрення сприяють збільшенню вмісту легкогідролізного азоту у ґрунті. Їх вплив є вищим у кількісному співвідношенні за дію попередника.

В умовах експерименту проводили моніторинг за вмістом сполук рухомого фосфору залежно від попередника і систем удобрення протягом основних фаз вегетації кукурудзи.

Встановлено, що вищі значення цього показника у фазі сходів на неудобрених варіантах були після попередника соя і складали 119,1-119,7 мг/кг ґрунту, нижчі – після картоплі (114,4 мг/кг) та кукурудзи (111,2 мг/кг ґрунту). Вищий рівень накопичення рухомих сполук фосфору був за сумісного внесення $N_{120}P_{100}K_{100}$ + побічна продукція пшениці озимої + сидерат (раціональна система удобрення) – 142,1-142,9 мг/кг та в умовах збільшення мінеральної складової до $N_{150}P_{120}K_{120}$ на цих же органічних фонах – 145,7-146,4 мг/кг ґрунту. На ділянках, де зелену масу редьки олійної заробляли під попередники, а безпосередньо під кукурудзу вносили побічну продукцію на зазначених мінеральних фонах діапазон варіювання досліджуваного показника змінювався залежно від сівозміни в межах 135,4-139,4 мг/кг в раціональних системах та 138,0-142,2 мг/кг ґрунту в інтенсивних. Нижчий концентраційний рівень рухомих фосфорних сполук був на мінеральних фонах плодозмінної сівозміни. Залежно від інтенсивності мінеральних добрив він становив 134,0-136,5 мг/кг ґрунту (табл. 3).

Протягом вегетації вміст доступних рослинам форм фосфору знижувався і за настання повної стиглості культури він за усіма удобреними варіантами складав 114,0-123,8 мг/кг, неудобреними – 97,6-104,8 мг/кг ґрунту. У підорних пластах вміст сполук рухомого фосфору був нижчим у порівнянні до орних.

Дослідженнями за динамікою рухомих форм калію встановлено, що застосування органо-мінеральних систем удобрення підвищувало забезпеченість рослин кукурудзи цим елементом живлення. Вищі значення спостерігали за безпосереднього внесення під культуру мінеральних добрив, побічної продукції пшениці озимої та зеленої маси післяжнивної редьки олійної у зернових сівозмінах. У раціональних системах з рівнем мінеральної складової $N_{120}P_{100}K_{100}$ на час сходів культури в орному пласті ґрунту діапазон значень досліджуваного показника змінювався в межах 127,1-127,6 мг/кг, в інтенсивних з $N_{150}P_{120}K_{120}$ відповідно – 132,6-133,3 мг/кг ґрунту. Найбільш низькими були показники за самого мінерального удобрення після картоплі у плодозмінній сівозміні. За системами удобрення вони становили 121,9-127,5 мг/кг ґрунту (табл. 4).

За впливом попередників вирізнялись соя (на контрольних варіантах було зафіксовано 104,4-105,4 мг/кг ґрунту рухомих форм калію) та пшениця озима (102,9-103,6 мг/кг). Нижчі значення були після картоплі (102,0 мг/кг) та кукурудзи (100,6 мг/кг).

До кінця вегетації вміст рухомих форм калію знижувався за усіма удобреними та неудобреними варіантами. Найнижчі значення спостерігали у фазі повної стиглості кукурудзи.

Таким чином, вищі значення основних показників родючості ґрунту формуються за органо-мінеральних систем удобрення, де органічна складова передбачає використання усієї побічної продукції сільськогосподарських культур у сівозміні та вирощування один раз за ротацію редьки олійної на сидерат у післяжнивних посівах.

В умовах органо-мінеральних систем удобрення за високого рівня ефективної родючості сірого лісового ґрунту та оптимальних попередників отримано вагомі значення урожайності зерна кукурудзи (рис. 1).

Вищі показники урожаю зерна культури були за внесення під кукурудзу повного органо-мінерального удобрення. Застосування $N_{120}P_{100}K_{100}$ на фоні побічної продукції пшениці озимої та заорювання зеленої маси редьки олійної, вирощеної у післяжнивних посівах у зернових сівозмінах забезпечувало отримання 7,62-7,74 т/га зерна кукурудзи. Підвищення рівня мінеральних добрив до $N_{150}P_{120}K_{120}$ на зазначених мінеральних фонах сприяло формуванню рівня урожаю в межах 9,82-9,93 т/га.

Таблиця 3. Вплив удобрення і попередників на динаміку рухомого фосфору, мг/кг ґрунту

Удобрєння кукурудзи	Шар ґрунту, см	Фаза вегетації культури		
		Сходи	Викидання волоті	Повна стиглість
1. Плодозмінна, попередник картопля (60 % н. з. к.)				
контроль	0-20	114,4	104,5	99,5
	20-40	106,6	99,0	94,6
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	0-20	134,0	120,9	114,0
	20-40	119,2	108,8	103,6
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-20	136,5	123,5	115,5
	20-40	128,7	117,5	110,7
3. Зерно-трав'яна, попередник соя (80 % н. з. к.)				
контроль	0-20	119,7	109,8	104,8
	20-40	110,6	102,9	98,5
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	139,4	126,5	118,7
	20-40	121,8	112,3	106,4
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	142,2	128,6	120,6
	20-40	132,1	120,5	113,9
4. Зернова, попередник соя (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	119,1	109,1,0	104,0
	20-40	109,8	102,1	97,7
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	138,6	125,7	117,9
	20-40	121,2	111,6	105,7
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	141,1	127,3	119,1
	20-40	131,2	119,8	113,0
5. Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	116,8	107,0	101,9
	20-40	108,5	100,8	96,4
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0-20	142,9	129,9	122,3
	20-40	132,4	122,2	112,9
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0-20	146,4	131,9	123,8
	20-40	133,9	123,4	116,8
7 Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	116,1	106,2	101,1
	20-40	107,9	100,2	95,8
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0-20	142,1	129,1	120,9
	20-40	131,7	121,3	112,2
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0-20	145,7	131,0	123,1
	20-40	133,1	122,4	115,9
7 Зернова, попередник кукурудза на зерно (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	111,2	102,7	97,6
	20-40	105,1	97,4	93,1
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	135,4	124,2	115,7
	20-40	119,8	109,6	104,4
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	138,0	124,8	116,8
	20-40	129,5	118,6	111,7

На варіантах, які передбачали вирощування сидеральної культури під попередники, а під кукурудзу заробляли лише їх побічну продукцію на мінеральних фонах живлення отримано нижчі значення урожаю. Зокрема, після попередника соя у раціональній системі зернової та зерно-трав'яної сівозмін цей показник був на рівні 7,20-7,33 т/га, у інтенсивній – 9,33-9,43 т/га.

Цікавими до порівняння є результати, отримані за вирощування кукурудзи у повторних посівах зернової сівозміни та після картоплі у

плодозмінній сівозміні. Незважаючи на те, що у зерновій сівозміні під культуру вносили побічну продукцію попередника – кукурудзи на мінеральних фонах, а у плодозмінній – лише мінеральні добрива, рівень урожаю в останній був вищим, тобто вплив попередника був сильнішим за удобрення. Розхит значень досліджуваного показника за варіантами удобрення у зерновій сівозміні становив 6,53-8,62 т/га, у плодозмінній – 6,83-9,01 т/га.

Таблиця 4. Вплив удобрення і попередників на динаміку рухомого калію, мг/кг ґрунту

Удобрєння кукурудзи	Шар ґрунту, см	Фаза вегетації культури		
		Сходи	Викидання волоті	Повна стиглість
1. Плодозмінна, попередник картопля (60 % н. з. к.)				
контроль	0-20	102,0	95,8	86,8
	20-40	89,1	79,5	72,5
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	0-20	121,9	112,3	99,3
	20-40	104,3	95,5	86,5
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-20	127,5	117,7	102,7
	20-40	110,1	101,3	90,3
3. Зерно-трав'яна, попередник соя (80 % н. з. к.)				
контроль	0-20	105,4	99,2	90,1
	20-40	93,0	83,4	76,3
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	125,2	115,8	102,8
	20-40	108,2	98,5	89,5
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	131,0	121,1	106,1
	20-40	113,3	104,6	93,6
4. Зернова, попередник соя (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	104,4	98,2	89,2
	20-40	92,3	82,6	75,6
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	124,4	115,1	102,1
	20-40	107,3	97,7	88,7
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	130,3	120,3	105,4
	20-40	112,7	104,0	93,1
5. Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	103,6	97,5	88,5
	20-40	92,0	81,4	74,4
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0-20	127,6	118,3	105,3
	20-40	113,4	103,6	94,6
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0-20	133,3	123,3	108,3
	20-40	115,1	106,6	95,6
7. Зернова, попередник пшениця озима (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	102,9	96,3	87,3
	20-40	90,4	80,8	73,8
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0-20	127,1	117,6	104,6
	20-40	112,5	102,5	93,5
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0-20	132,6	122,6	107,6
	20-40	114,3	105,8	94,8
7. Зернова, попередник кукурудза на зерно (100 % н. з. к.)				
контроль	0-20	100,6	94,5	85,5
	20-40	87,7	78,4	71,4
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п.	0-20	122,8	113,7	100,7
	20-40	105,5	96,7	87,2
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0-20	128,2	118,6	103,6
	20-40	111,2	102,9	91,9

Висновки

Ефективна родючість ґрунту під кукурудзою у короткоротаційних сівозмінах формується під комплексним впливом систем удобрення і попередників.

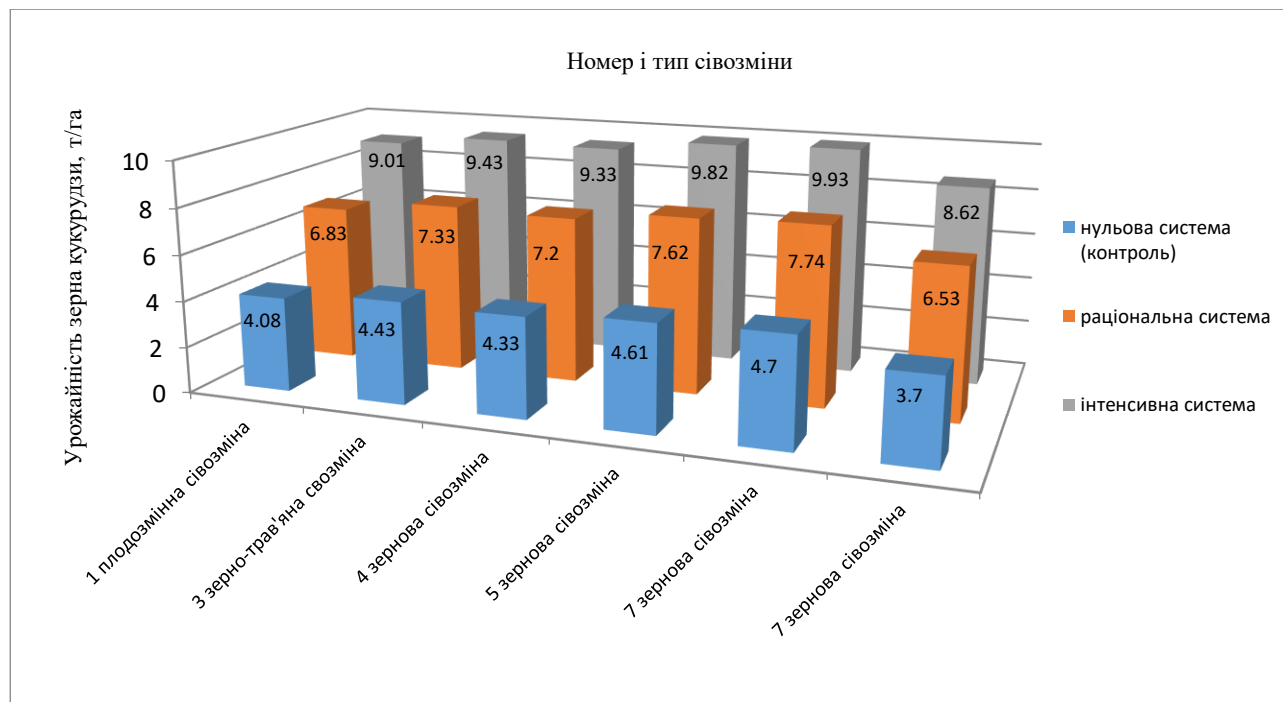
Кращими попередниками кукурудзи на зерно за дією на поживний режим сірого лісового ґрунту є соя у зерно-трав'яній та соя й пшениця озима у зернових сівозмінах. У ґрунті після повторних посівів кукурудзи на зерно відзначено найнижчі концентрації рухомих основних елементів живлення рослин.

Вищі значення легкогідролізного азоту, рухомих форм фосфору й калію впродовж вегетації кукурудзи на зерно формуються за сумісного внесення безпосередньо під культуру N₁₂₀₋₁₅₀P₁₀₀₋₁₂₀K₁₀₀₋₁₂₀ на фоні побічної продукції попередника пшениці озимої та заорювання післяжнивної редьки олійної.

Застосування N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ на фоні побічної продукції пшениці озимої та заорювання зеленої маси редьки олійної, вирощеної у післяжнивних посівах у зернових сівозмінах

забезпечує отримання 7,62-7,74 т/га зерна кукурудзи. Підвищення рівня мінеральних добрив до N150P120K120 на зазначених мінеральних фонах

сприяє формуванню рівня урожаю в межах 9,82-9,93 т/га.



$HP_{05}, \text{т/га}$ попередники 0,11-0,12
удобрення 0,27-0,28
взаємодія попередники + удобренья 0,34-0,35

Рисунок 1. Урожайність кукурудзи залежно від систем удобрення і попередника у сівозміні

Список використаної літератури

Arbačiauskas J., Masevičienė A., Staugaitis G., Žičkienė L., Šumskis D., Vaišvila Z. (2021). The influence of longterm fertilization on phosphorus dynamics in the soil. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108 (3): 195–202. <https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.025>

Baliuk S. A., Nosko B. S. & Vorotyntseva L. I. (2018). Regulation of fertility of soils and efficiency of fertilizers in conditions of climate fluctuations. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 4 (781), 5–12. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-01> [in Ukrainian].

Dawson C., Hilton J. (2011). Fertilizer availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy*, 36 (1): 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.012>

Hospodarenko H., Liubych V., Stotskyi V. (2022). Influence of different types and doses of fertilizers on grain rotation productivity. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 48 (2): 46–50. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.7>

Hospodarenko H. M., Prokopchuk I. V., Stasinievykh O. Yu. & Boiko V. P. (2019). Influence of fertilizer application ratio on field crop rotation effectiveness. *Scientific Horizons*, 3 (76), 80–86. doi: 10.33249/2663-2144-2019-76-3-80-86 [in Ukrainian].

Hrynkou Yu. & Kharytonova D. (2019). Application of liquid fertilizers with sowing. *Ahronom*, 1, 24–28 [in Ukrainian].

Gamayunova V., Khonenko L., Baklanova T., Kovalenko O., Pilipenko T. (2020). Modern approaches to use of the mineral fertilizers preservation soil fertility in the conditions of climate change. *Scientific Horizons*, 2 (87): 89–101. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101>

Ivanina V., Pashynska K. (2022). Formation of nutritional balance in grain sorghum crops under different fertilizer systems. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47 (1): 65–70. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>

O. Y. Kachmar, A. O. Dubytska, M. M. Shcherba, I. V. Savryn, O. V. Taravska, A. I. Vovk, Z. O. Kotyk (2022) Redistribution of nutrient elements of gray forestal soil under grain crops in short-rotation crop rotations under different fertilization systems / *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 72 (2): 8–24. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/72-2/1.pdf>

Kaminsky V.F. (2018). Scientific basis of optimization of plant nutrition in modern agricultural systems Mezhrvid. topics of science coll. "Agriculture". Vinnytsia: Tvor LLC. Issue 2 (95). P. 3–6.

Karabach, K., Tarasyuk, V., Trach, I., Vitrovchak L., & Bezikonnyi P. (2025). Impact of

tillage and fertilisation on organic matter accumulation and soil fertility. *Scientific Horizons*, 28(8), 137-148. doi: 10.48077/scihor8.2025.137

Litvinova O.A. (2023). The influence of long-term application of fertilizers on the potassium regime of gray forest soil. Coll. of scientific works of the Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences. Issue 4. P. 26-30. <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/others/-Zbirnik-UNUS-78.Ch.1.pdf>

Majumdar K., Norton R., Murrell T. S., Garcia F., Zingore S., Prochnow L. I., Pampolino M., Boulal H., Dutta S., Francisco E., Tan M. S., He P., Singh K., Oberthür T. (2021). Assessing potassium mass balances in different countries and scales. Recommendations for Agricultural Crops. Springer, p. 283-340. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7_11

Nosko B. S., Medvediev V. V. & Nepochatov O. P. (2000). The role of fertilizers in increasing the efficiency of agriculture in arid conditions. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5, 11-15 [in Ukrainian].

Pacheco C.A., Oliveira A., & Tomaz A. (2023). Effects of mineral and organic fertilization on forage maize yield, soil carbon balance, and NPK budgets, under rainfed conditions in the Azores Islands (Portugal). *International Journal of Plant Production*, 17, 463-475. doi: 10.1007/s42106-023-00250-7

Panayotova G., Kostadinova S., Aleksieva S., Slavova N., Aladzhova C. (2018). Nitrogen and phosphorus balances as dependent on durum wheat fertilization. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (1): 9-17. <https://www.agrojournal.org/24/01s-02.pdf>

Potapenko L. V., Gorbachenko N. I. (2021). The influence of fertilization systems and microbial

preparations on the formation of the nutrient regime of sod-podzolic soil. *Agricultural microbiology*. 34, 53-60. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.53-60>

Shao J., Gao C., Afi Seglah P., Xie J., Zhao L., Bi Y., Wang Y. (2023). Analysis of the available straw nutrient resources and substitution of chemical fertilizers with straw returned directly to the field in China. *Agriculture*, 13 (6): 1187. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061187>

Smetanska I.M. (2000). The effect of mineral nutrition on the productivity of corn crops. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 1, 72-73 [in Ukrainian]

Stasiv O., Dubytska A., Kachmar O., Dubytskyi O., & Vavrynovich O. (2025). Causal relationships between wheat productivity and biological activity and soil nitrogen content. *Scientific Horizons*, 28(8), 30-50. doi: 10.48077/scihor8.2025.30

Tsytsyura Y. G. (2025) Effectiveness of complex application of siderates with biofertilizers for growing corn for grain. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. No. 12. P. 257-269. ISSN 2786-6335. DOI: 10.32782/naturaljournal.12.2025.26

Tsytsyura, Y. G. (2025). Systemic analysis of the main components of the effect of long-term use of oil radish as an intermediate siderate on the soil quality index. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 14, 250-269. DOI: 10.32782/naturaljournal.14.2025.24

Y. Tsytsyura (2026). Agronomy Research Development of an integrated soil quality index under prolonged green manure application of oilseed radish in crop rotation 24(1), 66-104, 2026 <https://doi.org/10.15159/AR.26.001>

Zaryshnyak A.S., Tsvei Y.P., Ivanina V.V. (2015). Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations. K.: Agrarian science. 208 p.

THE INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS AND PRECURSORS ON THE FERTILITY OF GRAY FORESTAL SOIL AND THE YIELD OF GRAIN MAIZE IN SHORT ROTATION CROP ROTATIONS

Oleksandr-Yaroslav PROTSAILO, ORCID: 0009-0009-2815-1314

Oksana KACHMAR, ORCID: 0000-0002-0382-6030

Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences

The article presents the results of research on the formation of effective fertility of gray forest soil for growing corn for grain in five-field field rotations under the influence of fertilization systems and precursors. It was established that the higher values of mobile forms of the main nutrients of plants during the growing season of the culture on unfertilized backgrounds were after the predecessors of soybean (in the seedling phase in the arable layer, the concentration level of easily hydrolyzable nitrogen compounds was 115.2-117.0 mg/kg, available phosphorus – 119.1-119.7, potassium – 104.4-105.4 mg/kg of soil) and wheat winter (according to the investigated nutrients: 113.1-113.6, 116.1-116.8 and 102.9-103.6 mg/kg of soil), lower - after potatoes and corn. The use of organo-mineral fertilization systems ensured the growth of soil fertility indicators. Higher values of easily hydrolyzable nitrogen, mobile forms of phosphorus and potassium during the growing season of corn for grain were formed on variants of rational and intensive fertilization systems with the simultaneous application of N120-150P100-120K100-120 directly under the crop against the background of by-products of the predecessor of winter wheat and plowing of post-harvest oil radish and contributed to obtaining 7.62-9.93 t/ha of crop grain.

Keywords: corn, precursors, fertilizers, soil fertility, nutritional regime, crop rotation.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons

Отримано: 20.7.2026

Погоджено до друку: 31.7.2026

Опубліковано: 30.9.2026