

УДК 631.811.3:631.821.1:
631.445.21

© 2022

**ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ
НА БАЛАНС І ВМІСТ ФОРМ КАЛІЮ
В ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ***В.М. Польовий¹, Л.А. Яценко², Ровна Г.Ф.³, Колесник Т.М.⁴*¹доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН^{2,4}кандидати сільськогосподарських наук¹⁻³Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН

вул. Рівненська, 5, с. Шубків Рівненського р-ну Рівненської обл., 35325, Україна

⁴Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33000, Україна

e-mail: ¹⁻³rivne_apv@ukr.net, ⁴t.m.kolesnyk@nuwm.edu.uaORCID: ¹0000-0002-3133-9803, ²0000-0003-1407-0133,³0000-0002-7599-5650, ⁴0000-0002-2637-7733

Надійшла 23.05.2022

Мета. Визначити вплив побічної рослинницької продукції та мінеральних добрив у поєднанні з різними дозами доломітового борошна на баланс і вміст різних форм калію в дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті. **Методи.** Польові (вивчення впливу удобрення і вапнування на зміну вмісту калію в ґрунті), лабораторні (визначення вмісту форм калію в ґрунті), розрахункові (оцінка статей балансу калію), статистичні (дисперсійний аналіз достовірності результатів досліджень). **Результати.** Дослідженнями впродовж 2-х ротаций 4-пільної сівозміни встановлено, що вапнування 1,9–5,6 т доломітового борошна з подальшим щорічним зароблянням у ґрунт у середньому 5 т побічної продукції сільськогосподарських культур у поєднанні з унесенням мінеральних добрив дозою $N_{112}P_{87}K_{105}$ на 1 га сівозмінної площі створили додатний баланс калію в ґрунті за його інтенсивності 167–206%. Швидке нарощування вмісту рухомого калію в ґрунті у цих варіантах спостерігалось лише впродовж перших 4-х років досліджень, у наступні роки він варіював у межах досягнутого рівня. Удобрення і вапнування позитивно вплинуло на вміст усіх доступних для рослин форм калію: водорозчинного, обмінного і необмінного. За 8 років досліджень їхній вміст збільшився відповідно на 57,1–121; 40,5–59,5 і 7,8–12,3%. **Висновки.** Використання на фоні вапнування та удобрення побічної продукції культур сівозміни дає змогу повернути в ґрунт 74,0–76,3% від господарського виносу калію і в поєднанні з унесенням на 1 га сівозміни 105 кг/га калію з мінеральними добривами створити додатний баланс елемента на рівні 82,8–88,1 кг/га. Уміст рухомих форм калію в шарі ґрунту 0–20 см у перші 4 роки досліджень у варіантах з удобренням зріс з 53–57 до 89–102 мг/кг ґрунту, у наступні 4 роки майже не збільшувався з певним варіюванням за роками. Під впливом досліджуваних складових системи удобрення в сівозміні зростав вміст усіх форм калію в ґрунті – водорозчинного, обмінного і необмінного. Порівняно з контролем унесення $N_{112}P_{87}K_{105}$ на 1 га сівозмінної площі сприяло збільшенню їх вмісту відповідно на 21,4 і 16,2%, за поєднання 3,8 т $CaMg(CO_3)_2$ і $N_{112}P_{87}K_{105}$ – відповідно на 57,1–121; 40,5–59,5 і 7,8–12,3%. Проте збільшення дози доломітового борошна з 3,6 до 5,8 т/га

у системі удобрення сівозміни істотно не підвищувало вміст необхідного калію в шарі дерново-підзолистого ґрунту 0–20 см.

Ключові слова: доломітове борошно, мінеральні добрива, побічна продукція, водорозчинний, рухомий, необхідний калій.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-02>

У структурі орних земель Західного Полісся дерново-підзолисті ґрунти займають 604,7 тис. га, або 71% [1]. Загалом вони характеризуються низькою природною родючістю, зумовленою насамперед незначними запасами гумусу, високою кислотністю та незадовільним поживним режимом [2].

До 90-х років минулого століття наукові основи підвищення родючості таких ґрунтів передбачали комплексне застосування вапна, мінеральних добрив і високих доз гною. Проте через стрімке скорочення чисельності тваринництва використання гною в сільгоспдприємствах майже припинилося, а основним джерелом поповнення вмісту органічних і поживних речовин стала побічна продукція сільськогосподарських культур [3]. Науковці зазначають, що максимально застосовуючи соломисті рештки для удобрення сільськогосподарських культур з урахуванням посівних площ зернової групи, буряків цукрових і овочів можна розраховувати на їх щорічне внесення (без відшкодованої соломи на енергетичні цілі) у сприятливі роки до 4,4 т/га, несприятливі — до 2,8 т/га, що в перерахунку на підстилковий гній становитиме 8,8 і 5,6 т на 1 га ріллі [4]. Із нетоварною частиною врожаю в ґрунт повертається значна кількість винесених елементів, особливо калію і азоту, як найбільш істотних складових мінерального живлення. Установлено, що стосовно азоту винос фосфору основною і побічною продукцією культур становить 26–42, калію — 48–77%. У соняшнику винос калію щодо азоту — 81–99% [5]. Дослідження авторів [6–8] показали, що частка повернення калію для таких культур, як пшениця озима, ріпак, соняшник тощо може становити 72–88% від господарського виносу.

Отже, повернення малоцінної частини врожаю в ґрунт впливає на вміст, форми і баланс елементів, зокрема калію. Проте питання формування балансу калію

і калійного стану дерново-підзолистих ґрунтів за використання на удобрення нетоварної частини продукції рослинництва в поєднанні з вапнуванням і мінеральними добривами ще недостатньо вивчене.

Мета досліджень — вивчити специфіку впливу побічної рослинницької продукції і мінеральних добрив у поєднанні з різними дозами доломітового борошна на баланс і вміст різних форм калію в дерново-підзолистому ґрунті.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проведено в стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН упродовж 2012–2019 рр. на дерново-підзолистому зв'язано-піщаному ґрунті в сівозміні: пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, ріпак озимий. Площа посівної ділянки — 99 м², облікової — 50 м², повторність — 3-разова, розміщення — послідовне. Технологія вирощування загальноприйнята для зони Полісся.

Загальним фоном у досліді було заорювання побічної продукції, насиченість якою в сівозміні становила 5 т/га. Мінеральні добрива в дозі N₁₁₂P₈₇K₁₀₅ з розрахунку на 1 га сівозмінної площі вносили у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого. Дозу хімічних меліорантів визначено за величиною гідролітичної кислотності ґрунту (Нг) і внесено в 2011 р. перед закладанням стаціонарного досліді. У фізичній масі одинарній дозі (1 Нг) відповідає 3,8 т/га доломітового борошна.

Для визначення забезпеченості ґрунту різними формами калію відбір зразків проводили із шару 0–20 см: рухомий калій — із витяжки 0,2 н НСІ за методом Кірсанова, водорозчинний — із водної витяжки за методом Александрової, обмінний — із 1 н витяжки CH₃COONH₄ за Масловою, необхідний калій — із 2 н витяжки за методом Пчюолкіна. Аналіз рослинного матеріалу

в повітряносухому стані на вміст калію після мокрого озолення за К'ельдалем проводили методом полуменевої фотометрії [9].

У розрахунку балансу калію рівень відчуження елемента визначено за показником його господарського виносу культурами сівозміни, установленим з урахуванням умісту калію в продукції рослинництва, і непродуктивними втратами елемента з ґрунту. У надходження включено кількість елемента, що внесена з відповідною дозою мінеральних добрив у сівозміні (насиченість 105 мг K_2O /га) і потрапила в ґрунт за рахунок повернення побічної продукції при зароблянні рослинних решток [10].

Результати досліджень. Показники балансу елементів живлення в ґрунті використовують для оцінки систем удобрення щодо спроможності відтворення родючості, обґрунтування причин зміни їх умісту, прогнозування його на перспективу, необхідності коригування доз унесення добрив. Для розв'язання цих завдань розраховують господарський баланс, який є різницею між відчуженням і надходженням елементів живлення в ґрунті. Результати досліджень свідчать про те, що відчуження елементів живлення з ґрунту зростало з поліпшенням умов мінерального живлення культур сівозміни, урожайності та вмісту біогенних елементів у продукції (табл. 1).

На мінеральному фоні було відчужено 87,5 кг/га калію, що на 32,6 кг/га більше, ніж на контролі. За внесення 0,5; 1,0 і 1,5 Нг доз доломітового борошна в комплексі з NPK

винесення калію порівняно з мінеральним фоном збільшилося відповідно на 13,1; 32,2 і 41,9%. Надходження в ґрунт калію, крім контролю, значно перевищувало винесення. Сумарно із хлористим калієм і нетоварною продукцією культур сівозміни залежно від її виходу в ґрунт надходило 180,6–207,0 кг/га K_2O . Із цієї кількості з нетоварною продукцією в ґрунт поверталось 66,8–93,2 кг/га K_2O , що становило 74,0–76,3% від унесення. Отже, прогнозуючи вплив окремих культур і систем удобрення на калійний фонд ґрунту, важливо враховувати цільове використання нетоварної біомаси. Якщо вона залишається як органічне добриво, то в ґрунт може повертатися більша частина калію, винесеного з урожаєм. З урахуванням цього частина сільськогосподарських культур і традиційно віднесені до калієфільних виснажуючих запаси калію в ґрунті в дійсності не є такими за умови заробляння в ґрунт їх побічної продукції, що різко збільшує прибуткову частину балансу калію.

Результати досліджень показали, що від'ємний баланс калію –4,5 кг/га сформувався лише у варіанті без унесення мінеральних добрив. За внесення на 1 га сівозміни $N_{112}P_{87}K_{105}$ в поєднанні з побічною продукцією отримано найбільш додатне сальдо балансу 93,1 кг/га.

Застосування такої системи удобрення в комплексі з унесенням 0,5–1,5 Нг доз доломітового борошна зумовлювало зниження сальдо до 82,8–88,1 кг/га через істотне зростання продуктивності сівозміни

1. Баланс калію в ґрунті залежно від удобрення і доз доломітового борошна (середнє за 2012–2019 рр.), кг/га

Варіант	Відчуження	Надходження			Баланс ±, кг/га	Інтенсивність балансу, %
		усього	у т.ч. із побічною продукцією			
			кг/га	% від відчуження		
Без добрив	54,9	50,4	41,6	75,8	–4,5	92
$N_{112}P_{87}K_{105}$ — фон	87,5	180,6	66,8	76,3	93,1	206
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,9 т/га)	99,0	187,1	73,3	74,0	88,1	189
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (3,8 т/га)	115,7	200,3	86,5	74,8	84,6	173
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (5,6 т/га)	124,2	207,0	93,2	75,0	82,8	167

і винесення калію. Інтенсивність балансу у варіантах з удобренням становила 167–206%, що значно перевищує рекомендовані рівні. Автор [11] пропонував підтримувати інтенсивність балансу калію не нижче 80%. Проте така рекомендація потребує уточнення з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних і господарських умов. На думку авторів [12, 13], при визначенні оптимального балансу калію має враховуватися забезпеченість ним ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. Дерново-підзолисті піщані і зв'язно-піщані ґрунти мають дуже низький уміст рухомих форм і валового калію, тому оптимізація їхнього калійного стану можлива лише за підтримання впродовж тривалого часу високих показників його додатного балансу [14].

Одержані результати показали, що легкі за гранулометричним складом дерново-підзолисті ґрунти, які домінують у структурі ґрунтового покриву Західного Полісся, характеризуються низьким умістом рухомого калію, що часто є однією з основних причин зниження врожайності сільськогосподарських культур та якості виробленої продукції. За даними суцільного агроекологічного моніторингу, його середній уміст у цій підзоні становить 54,5 мг/кг ґрунту за оптимальних параметрів 120–160 мг/кг ґрунту. В орному шарі ґрунту ділянки перед закладанням дослідів містилося 53–57 мг/кг рухомого калію, що майже збігалось із середнім по Західному Поліссі (табл. 2). За прийнятої системи удобрення в досліді в середньому на 1 га сівозміни вносили 105 кг/га K_2O , що виявилось достатнім для оптимізації вмісту його рухомих форм у ґрунті.

Якщо в контрольному варіанті за 8 років вирощування сільськогосподарських культур без удобрення вміст рухомого калію зменшився з початкових 56 до 53 мг/кг ґрунту, то на фоні внесення $N_{112}P_{87}K_{105}$ зріс із 57 до 70 мг/кг ґрунту. Зниження кислотності ґрунту методом хімічної меліорації доломітовим борошном на фоні удобрення поліпшувало забезпеченість рухомих калієм попри істотне збільшення його виносу з ґрунту внаслідок зростання врожайності. Зокрема, вапнування ґрунту 0,5 Нг дозою $CaMg(CO_3)_2$ зумовило підвищення вмісту калію з 53 до 80 мг/кг ґрунту; 1,0 Нг — з 54 до 89; 1,5 Нг дозою — з 57 до 91 мг/кг ґрунту.

Аналіз динаміки вмісту рухомих форм калію впродовж періоду досліджень під впливом удобрення і меліорації показав, що основні зміни відбулися в першій ротації сівозміни, тобто у 2012–2015 рр. У варіанті без добрив у ці роки спостерігалось повільне зниження запасів калію, у наступній ротації воно було помітнішим. За внесення на 1 га сівозміної площі в середньому $N_{112}P_{87}K_{105}$ окремо і в комплексі з вапнуванням у перші 4 роки вміст рухомого калію постійно зростає до максимальних значень, у наступні роки залишався майже на одному рівні з певними варіаціями за роками залежно від погодних умов і виносу з урожаєм сільськогосподарських культур. Крім умісту рухомого калію, важливим показником забезпеченості ним ґрунту вважається його частка в ґрунтовому вбирному комплексі, оптимальні параметри якої для дерново-підзолистих ґрунтів становлять 4–6%. Для дерново-підзолистих зв'язно-піщаних ґрунтів з ємністю катіонного обміну майже

2. Динаміка вмісту рухомих форм калію в шарі ґрунту 0–20 см під дією добрив і вапнування (середнє за 2012–2019 рр.), мг/кг ґрунту

Варіант	Вихідні дані (2011 р.)	Рік досліджень							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Без добрив	56	55	56	53	54	46	50	52	53
$N_{112}P_{87}K_{105}$ — фон	57	64	70	87	88	75	83	86	70
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,9 т/га)	53	67	73	89	91	80	90	93	80
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (3,8 т/га)	54	74	80	96	97	85	94	97	89
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (5,6 т/га)	57	77	89	99	102	91	99	102	91
$ННР_{05}$	3,2	2,2	5,3	3,1	4,1	3,5	3,2	4,3	3,0

3. Вплив застосування впродовж 2012–2019 рр. добрив і доломітового борошна на вміст різних форм калію в шарі ґрунту 0–20 см, мг/кг

Варіант	Водорозчинний	Обмінний	Необмінний
Без добрив	14	42	154
$N_{112}P_{87}K_{105}$ — фон	17	51	165
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,9 т/га)	22	59	175
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (3,8 т/га)	29	64	183
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (5,6 т/га)	31	67	186
$НІР_{05}$	1,4	2,3	7,8

3 мг-екв./100 г ґрунту, що відповідає показнику дослідного поля, оптимальний уміст рухомих форм калію становить 80–120 мг/кг ґрунту [1]. Наведені дані досліджень свідчать про те, що у варіантах із застосуванням добрив і доломітового борошна досягнуто рівнів, які відповідають зазначеному інтервалу.

Уміст рухомих форм прийнято вважати основним показником забезпеченості ґрунтів доступним для рослин калієм, проте в ґрунті він перебуває і в інших формах, взаємопов'язаних між собою.

Безпосереднім джерелом живлення рослин є водорозчинний калій, який переходить у ґрунтовий розчин із добрив, ґрунтового вбирного комплексу та мінералів ґрунту. Як показали проведені дослідження, на фоні НРК уміст водорозчинного калію в орному шарі ґрунту становив 17 мг/кг, що на 3 мг/кг більше, ніж на контролі (табл. 3).

Попри значне підвищення врожайності культур сівозміни і внесення калію за поєднання мінерального удобрення із застосуванням доломітового борошна вміст водорозчинного калію в ґрунті зростав. За результатами досліджень порівняно з мінеральним фоном додавання 0,5; 1,0 і 1,5 Нг доз $CaMg(CO_3)_2$ сприяло підвищенню цієї форми калію відповідно в 1,5–2,2 раза.

Подібну закономірність встановлено за результатами аналізу даних впливу удобрення

і вапнування на вміст обмінного та необмінно-фіксованого калію. За внесення на 1 га сівозміної площі $N_{112}P_{87}K_{105}$ уміст цих форм калію щодо контролю підвищувався на 21,4 і 7,1%, за внесення добрив у комплексі з вапнуванням ґрунту залежно від доз меліоранта відповідно на 40,5–59,5 і 12,9–20,8%.

На ділянках з унесенням 1,9–5,6 т/га $CaMg(CO_3)_2$ на фоні удобрення вміст необмінного калію становив 175–186 мг/кг, на фоні одностороннього удобрення НРК — 165 мг/кг ґрунту. Проте збільшення дози доломітового борошна з 3,8 до 5,6 т/га істотно не впливало на вміст фіксованого калію, що може бути спричинене зниженням нейтралізувальної дії вапнякового матеріалу впродовж 2-х ротацій сівозміни.

Отже, вапнування на фоні мінерального удобрення сприяло збільшенню вмісту водорозчинного та обмінного калію в ґрунті порівняно з унесенням добрив без вапнування попри значно кращий додатний баланс у цьому варіанті. Це може бути зумовлено значно більшими обсягами переміщення калію в орний шар ґрунту з глибших горизонтів кореневими системами сільськогосподарських культур, які за вапнування розвиваються значно краще, фізико-хімічними процесами в ґрунтовому вбирному комплексі та поліпшенням переходу з необмінно-фіксованих форм калію.

Висновки

Використання на фоні вапнування та удобрення побічної продукції культур сівозміни дає змогу повернути в ґрунт 74,0–76,3% від господарського виносу калію і в поєднанні з унесенням на 1 га

сівозміни 105 кг/га калію з мінеральними добривами створити додатний баланс елемента на рівні 82,8–88,1 кг/га. Уміст рухомих форм калію в шарі ґрунту 0–20 см у перші 4 роки досліджень у

варіантах з удобренням зріс із 53–57 до 89–102 мг/кг ґрунту, а в наступні 4 роки майже не збільшувався з певним варіюванням за роками. Під впливом досліджуваних складових системи удобрення в сівозміні зростає вміст усіх форм калію в ґрунті — водорозчинного, обмінного і необмінного. Порівняно з контролем унесення $N_{112}P_{87}K_{105}$ на 1 га сівозмінної

площі сприяло збільшенню їх вмісту відповідно на 21,4 і 16,2%, за поєднання 3,8 т $CaMg(CO_3)_2$ і $N_{112}P_{87}K_{105}$ — на 57,1–121; 40,5–59,5 і 7,8–12,3%. Проте зі збільшенням дози доломітового борошна з 3,6 до 5,8 т/га у системі удобрення сівозміни вміст необмінного калію в шарі дерново-підзолистого ґрунту 0–20 см істотно не підвищувався.

Poliovyi V.¹, Yashchenko L.², Rovna H.³, Kolesnyk T.⁴

^{1–3}Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS, 5 Rivnenska Str., vil. Shubkiv, Rivne district, Rivne oblast, 35325, Ukraine; ⁴National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna Str., Rivne, Rivne oblast, 33000, Ukraine; e-mail: ^{1–3}rivne_apv@ukr.net; ⁴t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua; ORCID: ¹0000-0002-3133-9803, ²0000-0003-1407-0133, ³0000-0002-7599-5650, ⁴0000-0002-2637-7733

The influence of fertilization and liming on the balance and content of potassium forms in soddy podzolic soil

Goal. To determine the effect of plant by-products and mineral fertilizers in combination with different doses of dolomite flour on the balance and content of different forms of potassium in soddy podzolic cohesive-sandy soil. **Methods.** Field (the study of the effect of fertilization and liming on the change in potassium content in the soil), laboratory (the determination of the content of potassium forms in the soil), calculation (the assessment of potassium balance), statistical (the variance analysis of the reliability of research results). **Results.** The research during 2 rotations of a 4-field crop rotation established that liming 1.9–5.6 tons of dolomite flour with the subsequent annual entering into the soil of an average of 5 tons of by-products of crops in combination with the application of mineral fertilizers at a dose of $N_{112}P_{87}K_{105}$ per 1 ha of the crop rotation area created the positive balance of potassium in the soil at its intensity of 167–206%. A rapid increase in the content of mobile potassium in the soil in these variants was observed only during the first 4 years of research, in subsequent years it varied within the reached level. Fertilization and

liming had a positive effect on the content of all forms of potassium available to plants: water-soluble, exchangeable, and non-exchangeable. During 8 years of research, their content increased by 57.1–121, 40.5–59.5, and 7.8–12.3%, respectively. **Conclusions.** The use against the background of liming and fertilization of by-products of crop rotation makes it possible to return to the soil 74.0–76.3% of the economic removal of potassium and, in combination with the application of 105 kg/ha of potassium with mineral fertilizers for 1 ha of crop rotation, to create a positive balance of the element at the level of 82.8–88.1 kg/ha. The content of mobile forms of potassium in the soil layer of 0–20 cm in the first 4 years of research in the variants with fertilizer increased from 53–57 to 89–102 mg/kg of soil, in the following 4 years it almost did not increase with certain variations over the years. Under the influence of the studied components of the fertilizer system in crop rotation, the content of all forms of potassium in the soil — water-soluble, exchangeable, and non-exchangeable — increased. Compared to the control, application of $N_{112}P_{87}K_{105}$ per 1 ha of crop rotation area contributed to an increase in their content by 21.4 and 16.2%, respectively, for a combination of 3.8 t of $CaMg(CO_3)_2$ and $N_{112}P_{87}K_{105}$ — by 57.1–121, 40.5–59.5, and 7.8–12.3%, respectively. However, increasing the dose of dolomite flour from 3.6 to 5.8 t/ha in the crop rotation fertilizer system did not significantly increase the content of non-exchangeable potassium in the 0–20 cm layer of soddy podzolic soil.

Key words: dolomite flour, mineral fertilizers, by-products, water-soluble, mobile, non-exchangeable potassium.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202207-02>

Бібліографія

1. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 1; под ред. Н.И. Полупана. Киев: Урожай, 1988. 296 с.

2. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія.

Вінниця: Твори, 2019. 318 с.

3. Трускавецький Р.С. Основи управління родючістю ґрунтів: монографія. Харків, 2016. 388 с.

4. Дегодюк С., Літвінова О. Стратегія застосування соломистих решток для удобрення

та енергетичних потреб в Україні. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17(1). С. 205–211.

5. Камінський В.Ф., Гангур В.В. Винос поживних речовин сільськогосподарськими культурами у різноротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. Вип. 3. Вінниця: ТОВ «Твори», 2018. С. 3–10.

6. Polovyi V.M., Yashchenko L.A. Optimization of growing conditions for winter wheat on sod-podzolic soil by the fertilization and melioration in Western Polissia of Ukraine. *Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2021. P. 90–108.

7. Basak B.B., Sarkar B. Scope of Natural Sources of Potassium in Sustainable Agriculture. *Adaptive Soil Management: From Theory to Practices*. Springer, Singapore. 2017. doi: 10.1007/978-981-10-3638-5_12

8. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимого на чор-

ноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Вип. 3. 2020. С. 35–44. doi: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)

9. Городній М.М. Агрохімічний аналіз: підручник. Київ: Арістей, 2007. 247 с.

10. 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.

11. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т. 1. Агрохимия. Москва: Изд-во с.-х. литературы, 1963. 692 с.

12. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. Москва: Ледум, 2000. 185 с.

13. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Нікітіна О.В. Агрохімія калію; за ред. Г.М. Господаренка. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

14. Польовий В.М., Кулик С.М. Вплив застосування добрив та вапнякових матеріалів на поживний режим дерново-підзолистого ґрунту за вирощування сої в умовах Західного Полісся. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 269. С. 185–193.