

АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.5:631.445.41/.547(292.485:477)

Винос макроелементів посівами спельти (*Triticum spelta* L.) на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України

Карпук Л.М. , Заїка Н.В. , Павліченко А.А. ,
Тітаренко О.С. , Філіпова Л.М. , Єзерковська Л.В. ,
Караульна В.М. , Єзерковський А.В. , Кулик Р.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

Карпук Л.М., Заїка Н.В., Павліченко А.А., Тітаренко О.С., Філіпова Л.М., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Єзерковський А.В., Кулик Р.М. Винос макроелементів посівами спельти (*Triticum spelta* L.) на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 75–83.

Karpuk L., Zaika N., Pavlichenko A., Titarenko O., Filipova L., Yezerkovska L., Karaulna V., Yezerkovsky A., Kulyk R. Macroelements output by spelt (*Triticum spelta* L.) crops on typical black soil in the Forest-steppe conditions of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 75–83.

Рукопис отримано: 18.03.2025 р.

Прийнято: 02.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-75-83

У статті розглянуто особливості виносу макроелементів (азоту, фосфору, калію) посівами спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. Встановлено, що культура характеризується високою потребою в основних поживних речовинах, що зумовлює значне вилучення біогенних елементів із ґрунту та потребує оптимізації мінерального живлення для забезпечення стабільної продуктивності й підтримання родючості агроценозу. Досліджено вплив позакореневого удобрення біологічно активними препаратами, зокрема Гуматом калію ГК-17 та Agriflex Amino, на ефективність засвоєння та винесення основних макроелементів залежно від сортових особливостей.

Результати досліджень показали, що найбільший рівень винесення азоту, фосфору та калію був характерний для сорту Європа, тимчасом Аттергауер Дінкель, який є класичним генетично чистим сортом, продемонстрував нижчі показники засвоєння макроелементів. Використання Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння сприяло підвищенню винесення азоту на 2,1 кг/га, фосфору – на 1,1 кг/га, калію – на 2,6 кг/га, тимчасом повторна обробка у фазу молочної стиглості забезпечувала ще більш суттєве зростання цих показників – на 10,7; 4,1 та 9,2 кг/га відповідно. Встановлено, що додаткове застосування Agriflex Amino у фазу колосіння сприяло ще більш ефективному засвоєнню поживних елементів рослинами, що дозволило отримати максимальні показники виносу азоту (до 186,9 кг/га), фосфору (до 83,8 кг/га) та калію (до 154,2 кг/га).

Отримані результати свідчать про доцільність застосування біологічно активних речовин у системі живлення спельти, що забезпечує підвищення ефективності засвоєння макроелементів, сприяє покращенню якісних параметрів зерна та дозволяє мінімізувати негативний вплив на агроєкосистеми завдяки збереженню рівня родючості ґрунтів.

Ключові слова: спельта, чорнозем типовий, винесення макроелементів, азот, фосфор, калій, гумати, стимулятори росту, продуктивність посівів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Спельта (*Triticum spelta* L.) є перспективною зерновою культурою, яка завдяки високій екологічній пластичності й адаптивності до стресових чинників набуває поширення у традиційних та органічних системах землеробства. Однак її вирощування супроводжується інтенсивним винесенням макроелементів (азоту, фосфору, калію) з ґрунту, що може зумовлювати його поступове виснаження. Це особливо актуально для чорноземних ґрунтів Лісостепу, де високий рівень продуктивності посівів спричинює формування значного дефіциту поживних речовин.

Незважаючи на агрономічну значущість культури, система мінерального живлення спельти в регіональних умовах Лісостепу залишається недостатньо вивченою, що ускладнює ефективне управління родючістю ґрунтів та підтримання оптимального агрохімічного балансу. Відсутність науково обґрунтованих норм удобрення може негативно впливати на рівень врожайності, якість зерна та довготривалу продуктивність сільськогосподарських угідь. Тому актуальним є дослідження особливостей винесення макроелементів посівами спельти та розроблення оптимальних стратегій удобрення, спрямованих на збереження родючості ґрунтів і забезпечення сталого агровиробництва.

Пшениця спельта, як і пшениця озима, вилучає значні кількості макроелементів з ґрунту у врожаї зерна та соломи. Середні показники винесення елементів живлення такі: на 1 т (10 ц) зерна з відповідною кількістю соломи: спельта забирає з ґрунту близько 30–40 кг азоту (N), 10–14 кг фосфору (P) та 18–25 кг калію (K). За врожаю близько 4 т/га (40 ц/га): загальний винос становить орієнтовно 120–160 кг/га N, 40–56 кг/га P та 72–100 кг/га K разом із зерном і соломою [1]. За інших рівних умов, для врожайності 40 ц/га пшениці озимої/спельти в літературі наводять винесення близько 130 кг N, 50 кг P та 62 кг K на 1 га [1].

Макроелементи відіграють ключову роль у рості, розвитку та продуктивності пшениці, оскільки є основними складовими біохімічних та фізіологічних процесів рослинного організму. Вони беруть участь у синтезі нуклеїнових кислот, білків, вуглеводів та ліпідів, що є фундаментальними компонентами клітинних структур і органел. Зокрема, азот (N) входить до складу амінокислот, ферментів і хлорофілу, визначаючи інтенсивність фотосинтезу та рівень накопичення органічної речовини. Фосфор (P) відіграє критичну роль

у процесах енергетичного обміну, оскільки є складовою АТФ (аденозинтрифосфату), нуклеїнових кислот і фосфоліпідів клітинних мембран. Калій (K), зокрема, забезпечує підтримання осмотичного балансу, регулює водний режим рослини, активує ферменти, що відповідають за синтез вуглеводів та білків, а також сприяє підвищенню стійкості до біотичних і абіотичних стресів [2].

Відповідне забезпечення рослин необхідними макроелементами є критично важливим чинником, що визначає не лише рівень урожайності пшениці, а також якість отриманого зерна. Дефіцит азоту призводить до зниження інтенсивності росту, недостатнього накопичення білка в зерні та пригнічення процесів фотосинтезу. Недостатнє надходження фосфору обмежує розвиток кореневої системи, знижує енергію проростання насіння та загальну стійкість рослин до несприятливих чинників довкілля. Калійний дефіцит порушує регуляцію водного обміну, що підвищує чутливість рослин до посухи та інших стресових умов, а також негативно впливає на транспортування асимілятів, необхідних для формування зерна [3].

Отже, оптимальне мінеральне живлення є невід’ємною умовою отримання стабільних і високих урожаїв пшениці. Наявність у ґрунті макроелементів у доступних формах забезпечує безперервність фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі, сприяє формуванню потужної кореневої системи, ефективному засвоєнню вологи та поживних речовин, а також підвищує стійкість до несприятливих умов довкілля. Відсутність збалансованого живлення може не лише знижувати продуктивність посівів, а також призводити до порушення агрохімічного балансу ґрунту, що у довгостроковій перспективі негативно впливає на його родючість та екологічну стійкість агроєкосистем [4–6].

Актуальність дослідження потреби рослин у макроелементах набуває дедалі більшого значення в умовах біологізації систем землеробства, що передбачає мінімізацію застосування синтетичних добрив та перехід до більш екологічно безпечних методів живлення рослин. Така тенденція обумовлена необхідністю збереження родючості ґрунтів, підвищення екологічної безпеки агропромислового виробництва та забезпечення продовольчої безпеки шляхом отримання якісної, екологічно чистої продукції.

Зростаюча популярність органічного та біологічного землеробства потребує детального вивчення природних механізмів над-

ходження макроелементів у рослини, ефективності використання поживних речовин з органічних джерел, а також впливу біологічних чинників (мікроорганізмів, мікоризних грибів, сидератів) на доступність елементів живлення у ґрунті. У традиційних системах землеробства застосування мінеральних добрив дозволяє цілеспрямовано коригувати мінеральне живлення рослин. Водночас у біологізованих системах відбувається поступове скорочення внесення синтетичних препаратів, що обумовлює необхідність пошуку альтернативних способів забезпечення рослин доступними макроелементами [7].

Особливої актуальності набуває питання використання біологічно чистих форм поживних речовин, отриманих не методом хімічного синтезу, а завдяки природним біогеохімічним процесам. У цьому контексті значну увагу приділяють застосуванню біологічних препаратів, ґрунтових мікроорганізмів, органічних добрив та інших методів біостимуляції, які сприяють поліпшенню доступності макроелементів у природному середовищі. Зокрема, азот може надходити в рослинний організм через біологічну фіксацію завдяки діяльності азотфіксуючих бактерій (*Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*), фосфор – у результаті розчинення важкорозчинних сполук фосформобілізуючими мікроорганізмами (*Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*), а калій – через механізми мікробного вивільнення з мінеральних структур ґрунту [8–9].

Крім того, інтегровані підходи до живлення рослин, що передбачають раціональне використання органічних залишків, сидератів, біодобрив та симбіотичних мікроорганізмів, є важливим напрямом розвитку сталих агротехнологій. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити посіви необхідними елементами живлення, а також сприяє збереженню біорізноманіття ґрунтової мікрофлори, покращенню його фізико-хімічних властивостей та мінімізації екологічного навантаження на агроєкосистеми [10].

Отже, в умовах трансформації аграрного сектору у бік біологізації та екологізації сільськогосподарського виробництва питання оптимізації макроелементного живлення рослин набуває особливої значущості. Дослідження природних механізмів мобілізації поживних речовин та розробка ефективних методів забезпечення рослин необхідними елементами без застосування синтетичних препаратів є ключовими аспектами формування сталих агроєкосистем та підвищення еко-

логічної безпеки сільськогосподарського виробництва [11].

Результати численних досліджень свідчать про значний винос макроелементів пшеницею озимою, що є критичним чинником для підтримання родючості ґрунтів і раціонального планування удобрення. Зокрема, встановлено, що для формування 1 тонни зерна разом із відповідною кількістю побічної продукції (соломи) пшениця озима вилучає з ґрунту 31–34 кг азоту (N), 11–14 кг фосфору (P_2O_5) та 19–22 кг калію (K_2O) [12].

Водночас, загальний господарський винос поживних речовин варіює залежно від рівня врожайності, агрохімічного складу ґрунту та умов вирощування. За середніх врожайів (4,0–5,0 т/га) винос азоту становить 84–130 кг/га, фосфору – 32–53 кг/га, а калію – 49–85 кг/га. Важливо зазначити, що співвідношення між основними макроелементами виносу є специфічним і впливає на якість продукції та подальший баланс поживних речовин у ґрунті.

Азот є найбільш виносним елементом, адже входить до складу білків, ферментів та інших сполук, що визначають рівень продуктивності пшениці. Високий рівень споживання цього макроелемента свідчить про його ключову роль у формуванні врожаю та біомаси. Фосфор, хоча й виноситься у відносно менших кількостях, є незамінним для розвитку кореневої системи, генеративних органів та процесів енергетичного обміну. Виведення калію, яке становить майже 1,5–2 рази більше, ніж фосфору, відображає його значну роль у регуляції водного режиму, підвищенні стійкості рослин до стресових чинників та формуванні стеблово-листяної маси [13–15].

Оцінка господарського виносу поживних речовин є важливою складовою ефективного управління системою удобрення, оскільки дозволяє прогнозувати необхідну компенсацію макроелементів та уникати дефіциту або дисбалансу поживних речовин у ґрунті. Висока інтенсивність вилучення N, P та K потребує відповідного підходу до удобрення, з урахуванням коефіцієнтів засвоєння, вмісту доступних форм елементів у ґрунті, агротехнологій та погодних умов конкретного регіону вирощування [16–17].

Отже, встановлені показники виносу макроелементів пшеницею озимою є основою для розробки ефективних систем живлення, спрямованих на підтримання стабільної врожайності, поліпшення якісних характеристик зерна та запобігання виснаженню ґрунтів за інтенсивного землеробства [18–19].

Метою досліджень було визначити особливості виносу макроелементів (азоту, фосфору, калію) посівами спельти в умовах Лісостепу України на чорноземі типовому задля забезпечення збалансованого живлення рослин й стабільної врожайності культури.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2019–2022 років на дослідному полі НВЦ Білоцерківського НАУ, розташованому в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Грунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим вилугуваним середньої глибини, який характеризується недостатнім рівнем зволоження та специфічним гранулометричним складом. У структурі ґрунту частка грубого пилу варіює в межах 49,9–58,3 %, природної глини – 30,6–34,4 %, мулу – 18,7–24,2 %, а вміст піску коливається в межах 9,9–19,4 %.

За агрохімічними параметрами, чорнозем містить 3,5 % гумусу, що забезпечує середній рівень забезпеченості органічною речовиною. Вміст легкогідролізованого азоту становить 98 мг/1000 г ґрунту, фосфору – 147 мг/1000 г, калію – 128 мг/1000 г. Гідролітична кислотність досягає 17 мг-екв/1000 г ґрунту, а реакція ґрунтового розчину є близькою до нейтральної, з показником рН 6,7. Ємність катіонного поглинання характеризується високи-

ми значеннями – 270 мг-екв/1000 г ґрунту, що свідчить про достатню буферність ґрунту та його здатність утримувати поживні елементи.

Чорнозем типовий вилугуваний має середню нітрифікаційну здатність, яка становить 30 мг/1000 г сухого ґрунту. Коефіцієнт використання фосфору (P_2O_5) та калію (K_2O) із ґрунтових запасів залишається на середньому рівні – 0,07 й 1,45 % відповідно, що потребує раціонального підходу до системи удобрення.

Гумусовий горизонт чорнозему досягає 60 см, що свідчить про високий потенціал родючості. Карбонати кальцію та магнію з'являються на глибині 65 см, а серед обмінних катіонів домінує кальцій, концентрація якого становить 187 мг-екв./1000 г ґрунту.

Загалом, агрохімічні параметри ґрунтового середовища дослідної ділянки були сприятливими для росту й розвитку сільськогосподарських культур, зокрема пшениці спельти, забезпечуючи оптимальні умови для засвоєння поживних елементів та формування високої продуктивності культури.

Метеорологічні умови у період проведення досліджень (2019–2022 рр.) відрізнялися від середніх багаторічних показників, однак загалом були сприятливими для проходження вегетаційного періоду рослин.

Площа посівної ділянки 100 м², облікової – 90 м²; повторність дослідів – триразова.

Схема дослідів:

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту
Зоря України	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора
Європа	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора
Агтергауер Дінкель	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння

Обробку рослин гуматом та регуляторами росту здійснювали відповідно до рекомендацій виробником норм застосування.

У дослідженні вивчали три сорти спельти. Два з них (Зоря України, Європа) – селекції Всеукраїнського наукового інституту селекції (ВНІС), тимчасом сорт Аттергауер Дінкель походить від селекційної компанії Пробстдорфер Заатцхт Гез.м.б.Х. енд КоКГ. Він вважається класичним генетично чистим сортом спельти, який не зазнавав схрещувань із пшеницею м'якою озимою.

Дослідження проводили відповідно до методики польового досліду та Державного сортовипробування сільськогосподарських культур [20].

Результати дослідження та обговорення. Для повноцінного аналізу ефективності використання макроелементів спельтою необхідно оцінити показники їхнього виведення залежно від впливу дослідних чинників. Це дозволить встановити закономірності за-

своєння азоту, фосфору та калію рослинами в різних умовах вирощування, враховуючи сортові особливості культури, рівень мінерального живлення, агротехнологічні прийоми та погодні умови вегетаційного періоду.

Аналіз виведення макроелементів є ключовим аспектом оптимізації системи удобрення, оскільки від балансу поживних речовин у ґрунті та ефективності їхнього використання залежить не лише рівень урожайності, а також якість зерна, загальний фітосанітарний стан агроценозу та довготривала продуктивність сільськогосподарських угідь. Визначення динаміки засвоєння та виведення основних елементів живлення спельтою дозволить розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо раціонального удобрення культури, спрямовані на підвищення ефективності використання ресурсів і збереження родючості ґрунту.

Отже, оцінимо показники виносу макроелементів посівами спельти, залежно від впливу чинників досліду (табл. 1).

Таблиця 1 – Винос макроелементів посівами спельти, кг/га, в середньому за 2020–2022 рр.

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту	Азот	Фосфор	Калій
Зоря України	Контроль	Контроль	159,8	73,0	132,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	162,7	73,9	136,0
		Agriflex Amino у фазу колосіння	164,1	74,3	137,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	158,4	71,5	132,0
		Agriflex Amino у фазу колосіння	160,0	71,6	133,1
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	168,6	75,1	140,7
		Agriflex Amino у фазу колосіння	170,6	77,0	141,4
			170,6	77,0	141,4
Європа	Контроль	Контроль	169,1	75,8	139,1
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	169,2	75,6	140,4
		Agriflex Amino у фазу колосіння	169,3	77,4	141,0
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	168,1	75,3	138,8
		Agriflex Amino у фазу колосіння	160,4	72,2	134,0
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	172,7	76,4	141,9
		Agriflex Amino у фазу колосіння	186,9	83,8	154,2
			186,9	83,8	154,2
Аттергауер Дінкель	Контроль	Контроль	136,6	60,7	112,8
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	138,2	61,7	113,8
		Agriflex Amino у фазу колосіння	139,9	62,8	115,4
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	136,9	61,0	113,9
		Agriflex Amino у фазу колосіння	137,3	61,7	113,8
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	146,8	65,0	121,8
		Agriflex Amino у фазу колосіння	149,9	66,4	123,8
			149,9	66,4	123,8
H _{IP} _{0,05}			5,6	2,4	4,2

Аналіз отриманих даних свідчить, що загальне засвоєння азоту посівами спеліть становило 158,4 кг/га. Водночас спостерігалася сортова варіабельність цього показника: найбільше азоту засвоював сорт Європа – 170,8 кг/га, за ним слідував Зоря України – 163,5 кг/га, а найменший показник зафіксовано для сорту Аттергауер Дінкель – 140,8 кг/га. Вивчення закономірностей винесення азоту залежно від чинників досліду показало, що застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння сприяло підвищенню винесення цього елемента на 2,1 кг/га, тимчасом повторна обробка у фазу молочної стиглості привела до значного приросту – 10,7 кг/га. Додаткове застосування стимулятора росту забезпечило ще 2,6 кг/га приросту винесеного азоту. За комплексного застосування Гумату калію ГК-17 (у фазу колосіння та молочної стиглості) у поєднанні з Agriflex Amino у фазу колосіння, показники винесення азоту для різних сортів були такими: Зоря України – 170,6 кг/га, Європа – 186,9 кг/га, Аттергауер Дінкель – 149,9 кг/га.

Дослідження засвоєння та винесення фосфору показало, що середній рівень винесення цим елементом становив 71,1 кг/га. За сортами отримано наступні результати: Зоря України – 73,8 кг/га, Європа – 76,6 кг/га, Аттергауер Дінкель – 62,8 кг/га. Застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння сприяло збільшенню винесення фосфору на 1,1 кг/га, а за повторної обробки в фазу молочної стиглості – на 4,1 кг/га. Використання стимулятора росту також позитивно вплинуло на засвоєння фосфору, забезпечивши додаткове винесення 1,5 кг/га. Максимальний рівень винесення фосфору спостерігався за поєднання обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу колосіння та молочної стиглості з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов сорти демонстрували наступні показники: Зоря України – 77,0 кг/га, Європа – 83,8 кг/га, Аттергауер Дінкель – 66,4 кг/га.

Загальне засвоєння калію спелістю становило 131,3 кг/га, а його рівень винесення залежно від сорту розподілився таким чином: Зоря України – 136,2 кг/га, Європа – 141,3 кг/га, Аттергауер Дінкель – 116,5 кг/га. Аналіз впливу дослідних чинників показав, що застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння збільшувало винесення калію на 2,6 кг/га, а повторна обробка у фазу молочної стиглості забезпечувала 9,2 кг/га додаткового винесення. Обробка стимулятором росту сприяла підвищенню цього показника ще на

2,4 кг/га. Максимальні значення винесення калію зафіксовано за комплексного використання Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння та молочної стиглості з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння: Зоря України – 141,4 кг/га, Європа – 154,2 кг/га, Аттергауер Дінкель – 123,8 кг/га.

Отримані результати свідчать, що рівень винесення макроелементів залежав як від генетичних особливостей сортів, так і технологічних прийомів вирощування. Сорт Європа демонстрував найбільшу здатність засвоювати та виносити макроелементи, тимчасом Аттергауер Дінкель, що є класичним генетично чистим сортом, характеризувався найменшим винесенням азоту, фосфору та калію. Обробка посівів Гуматом калію ГК-17, особливо у фазу молочної стиглості, а також комплексне застосування біостимуляторів Agriflex Amino, значно підвищували рівень засвоєння макроелементів. Це свідчить про доцільність використання біологічно активних препаратів для оптимізації мінерального живлення спеліть, що сприяє підвищенню врожайності та якості зерна за одночасного збереження родючості ґрунту.

Висновки. За виносом біогенних елементів, на чорноземі типовому, посіви пшениці спеліть засвоювали 158,4 кг/га азоту, 71,1 кг/га фосфору та 131,3 кг/га калію, зокрема у сорту Зоря України отримано показники в 163,5; 73,8; 136,2 кг/га, у сорту Європа – 170,8; 76,6; 141,3, а для сорту Аттергауер Дінкель – 140,8; 62,8; 116,5 кг/га відповідно.

За впливом чинників досліду на винос макроелементів встановлено, що за обробки посівів Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння загалом фіксували з врожаєм на 2,1 кг/га більше азоту, на 1,1 кг/га фосфору та на 2,6 кг/га більше калію, а за обробки посівів Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості – 10,7; 4,1; 9,2 кг/га. Також обробка посівів стимулятором росту сприяла тому, що рослини виносили на 2,6; 1,5; 2,4 кг/га більше азоту, фосфору та калію.

За кількістю виносу було визначено, що за обробки посівів Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості в поєднанні з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння у сорту Зоря України винос азоту становив 170,6 кг/га, фосфору – 77,0 кг/га, калію – 141,4 кг/га, у сорту Європа – 186,9; 83,8, 154,2 кг/га, а в сорту Аттергауер Дінкель – 149,9; 66,4; 123,8 кг/га відповідно.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Винос поживних речовин. URL: <https://surl.li/ayxcpc>
2. Dobermann A., Cassman K. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant and Soil*. 2002. Vol. 247. P. 153–175. DOI: 10.1023/A:1021197525875
3. Tyler G., Olsson T. Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming. *Plant and Soil*. 2001. Vol. 230. P. 307–321. DOI: 10.1023/A:1010314400976
4. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів / С.А. Балюк та ін. Вісник аграрної науки. 2019. № 3. С. 12–19. DOI: 10.31073/agrovisnyk201903-02
5. Галиш Ф.С. Удобрення пшениці озимої в Західному Лісостепу. Зб. наук. праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2007. Вип. 3–4. С. 16–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2007_3-4_5
6. Господаренко Г.М., Єщенко Н.Б. Урожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу залежно від різних видів і норм добрив та їх окупність. Зб. наук. праць Уманського національного університету садівництва. Умань: Агрономія, 2013. Вип. 82. Ч. 1. С. 8–14.
7. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3. С. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
8. Лукашук Л.Я. Інтенсифікація технології вирощування пшениці озимої – шлях до зростання ефективності зернової галузі. Інтенсифікація технологій – шлях до підвищення ефективності землеробства: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Рівне, 2012. С. 7–12. URL: http://www.isg.rv.ua/images/files/Konference_2012_12_20.pdf
9. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
10. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
11. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3. С. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
12. Твердохліб О.В., Голік О.В., Нінієва А.К., Богуславський Р.Л. Спельта і полба в органічному землеробстві. Посібник українського хлібороба. 2013. С. 154–155.
13. Gyuga P., Demagante A.L., Paulsen G. Photosynthesis and growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. *Journal*

of Plant Nutrition. 2002. Vol. 25. No 6. P. 1281–1290. DOI: 10.1081/PLN-120004387

14. Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.

15. Cubadda R., Marconi E. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. *Hulled Wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Castelveccchio Pascoli. Tuscany, Italy, 1995. P. 203–211.*

16. Заїка Н.В., Карпук Л.М. Особливості структури врожаю спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2023. Т. 11. № 1. 8 с. DOI: 10.47414/na.11.1.2023.285496

17. Jones J.M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1 (1). P. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746

18. Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.

19. Jones J.M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1 (1). P. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746

20. Методика державного випробування сортів сільськогосподарських культур. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ: Арефа, 2000. Вип. 7. 152 с.

REFERENCES

1. Vynos pozhyvnykh rehovyn [Nutrient removal]. Available at: <https://surl.li/ayxcpc>
2. Dobermann, A., Cassman, K. (2002). Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant and Soil*. Vol. 247, pp. 153–175. DOI: 10.1023/A:1021197525875
3. Tyler, G., Olsson, T. (2001). Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming. *Plant and Soil*. Vol. 230, pp. 307–321. DOI: 10.1023/A:1010314400976
4. Baliuk, S.A., Nosko, B.S., Shymel, V.V. (2019). Optymizatsiia zhyvlennia roslin u systemi faktoriv efektyvnoi rodiuchosti gruntiv [Optimization of plant nutrition in the system of effective soil fertility factors]. *Visnyk agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. no. 3, pp. 12–19. DOI: 10.31073/agrovisnyk201903-02
5. Halysh, F.S. (2007). Udobrennia pshenytsi ozymoi v Zakhidnomu Lisostepu [Fertilization of winter wheat in the Western Forest-Steppe zone]. *Zb. nauk. prac' Nacional'nogo naukovoogo centru «Instytut zemlerobstva NAAN» [Collected scientific works of the National Scientific Centre "Institute of Agriculture NAAS"]*. Issue 3–4, pp. 16–21. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2007_3-4_5

6. Hospodarenko, H.M., Yeshchenko, N.B. (2013). Urozhainist pshenytsi ozymoi na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu zalezno vid riznykh vydiv i norm dobryv ta yikh okupnis [Yield of winter wheat on podzolized chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe depending on fertilizer types, application rates, and their cost recovery]. Zb. nauk. prac' Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytstva [Scientific Papers of Uman National University of Horticulture. Agronomy]. Issue 82(1), pp. 8–14.
7. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D., Liubych, V.V. (2020). Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv pshenytsiu ozymoiu na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Uptake of major nutrients from soil and mineral fertilizers by winter wheat grown on podzolized chernozem of Ukraine's Right-Bank Forest-Steppe]. Visnyk agrarnoi nauky Prychornomor'ja [Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region]. Issue 3, pp. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
8. Lukashchuk, L.Ya. (2012). Intensyfikatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi – shliakh do zrostantia efektyvnosti zernovoi haluzi [Intensification of winter wheat cultivation technologies as a path to enhancing efficiency in the grain industry]. Intensyfikatsiia tekhnolohii – shliakh do pidvyshchennia efektyvnosti zemlerobstva: materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. [Intensification of technologies as a way to increase agricultural efficiency: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference]. Rivne, pp. 7–12. Available at: http://www.isg.rv.ua/images/files/Konference_2012_12_20.pdf
9. Zaryshniak, A.S. (2015). Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agrian Science, 208 p.
10. Poliovyi, V.M. (2007). Optymizatsiia system udobrennia u suchasnomu zemlerobstvi: monohrafiia [Optimization of fertilization systems in modern agriculture]. Rivne, Volyn amulets, 320 p.
11. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D., Liubych, V.V. (2020). Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv pshenytsiu ozymoiu na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Uptake of major nutrients from soil and mineral fertilizers by winter wheat grown on podzolized chernozem of Ukraine's Right-Bank Forest-Steppe]. Visnyk agrarnoi nauky Prychornomor'ja [Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region]. Issue 3, pp. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
12. Tverdokhlib, O.V., Holik, O.V., Ninieva, A.K., Bohuslavskiy, R.L. (2013). Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi [Spelt and emmer wheat in organic farming]. Posibnyk ukrai'n'skogo hliboroba [Handbook of Ukrainian Grain Grower]. pp. 154–155.
13. Gyuga, P., Demagante, A.L., Paulsen, G. (2002). Photosynthesis and growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. Journal of Plant Nutrition. Vol. 25(6), pp. 1281–1290. DOI: 10.1081/PLN-120004387
14. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat: A review. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. Vol. 16(2), pp. 243–256.
15. Cubadda, R., Marconi, E. (1995). Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. In: Hulled Wheats: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Castelveccchio Pascoli. Tuscany, Italy, pp. 203–211.
16. Zaika, N.V., Karpuk, L.M. (2023). Osoblyvosti struktury vrozhaiu spely (Triticum spelta L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of spelt wheat (Triticum spelta L.) yield structure under the Forest-Steppe conditions of Ukraine]. Novitni agrotehnologii [Innovative Agricultural Technologies]. Vol. 11(1), 8 p. DOI: 10.47414/na.11.1.2023.285496
17. Jones, J.M., Engleson, J. (2010). Whole grains: Benefits and challenges. Annual Review of Food Science and Technology. Vol. 1(1), pp. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746
18. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat: A review. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. Vol. 16(2), pp. 243–256.
19. Jones, J.M., Engleson, J. (2010). Whole grains: Benefits and challenges. Annual Review of Food Science and Technology. Vol. 1(1), pp. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746
20. Metodyka derzhavnoho vyprobuвання sortiv silskohospodarskykh kultur [Methods of state variety trials of agricultural crops]. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslinnyctva [Methods for determining crop product quality parameters]. Kyiv, Arefa, 2000, Issue 7, 152 p.

Macroelements removal by spelt (*Triticum spelta* L.) crops on typical black soil in the Forest-steppe conditions of Ukraine

Karpuk L., Zaika N., Pavlichenko A., Titarenko O., Filipova L., Yezerkovska L., Karaulna V., Yezerkovskiy A., Kulyk R.

The article examines the features of macroelements removal (nitrogen, phosphorus, potassium) by spelt (*Triticum spelta* L.) crops in the Forest-Steppe conditions of Ukraine. It was found out that the crop is characterized by a high need for basic nutrients, which causes a significant extraction of biogenic elements from the soil and requires mineral nutrition optimization to ensure stable productivity and maintaining of agrocenosis fertility. The effect of foliar fertilization with biologically active preparations, in particular «Potassium Humate GK-17» and «Agriflex Amino» on the efficiency of absorption and excretion of basic macroelements depending on varietal characteristics was studied.

The research results showed that the highest level of nitrogen, phosphorus and potassium removal was

typical for the «Europa» variety, while «Attergauer Dinkel», which is a classic genetically pure variety, demonstrated lower rates of macronutrient absorption. The use of «Potassium Humate GK-17» in the earing phase contributed to an increase in nitrogen removal by 2.1 kg/ha, phosphorus by 1.1 kg/ha, potassium by 2.6 kg/ha, while repeated treatment in the milk ripeness phase provided an even more significant increase in these indicators – by 10.7 kg/ha, 4.1 kg/ha and 9.2 kg/ha, respectively. It was found that the additional use of «Agriflex Amino» in the earing phase contributed to even more effective absorption of nutrients by plants, which allowed to obtain maxi-

mum rates of nitrogen removal (up to 186.9 kg/ha), phosphorus (up to 83.8 kg/ha) and potassium (up to 154.2 kg/ha).

The obtained results indicate the feasibility of using biologically active substances in the spelt nutrition system, which ensures increased efficiency of macronutrient absorption, contributes to improving grain quality parameters and allows to minimize the negative impact on agroecosystems by maintaining the soil fertility level.

Key words: spelt, typical black soil, macronutrients removal, nitrogen, phosphorus, potassium, humates, growth stimulators, crop productivity.



Copyright: Карпук Л.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>

Заїка Н.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5294-050X>

Павліченко А.А.

<https://orcid.org/0000-0001-5576-9931>

Титаренко О.С.

<https://orcid.org/0000-0002-0631-3353>

Філіпова Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

Єзерковська Л.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

Караульна В.М.

<https://orcid.org/0000-0002-9141-9880>

Єзерковський А.В.

<https://orcid.org/0009-0000-6005-6207>

Кулик Р.М.

<https://orcid.org/0000-0003-2866-9307>