

УДК 631.8: 631.45.:631.559.4:633.11(477.7)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.19>

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ПРОВАПНОВАНОГО ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗА РІЗНИХ ДОЗ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ЯЩЕНКО Л.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-1407-0133

Інститут сільського господарства Західного Полісся
Національної академії аграрних наук України

ЮВЧИК Н.О. – старший викладач, аспірант
orcid.org/0000-0001-5629-0201

Національний університет водного господарства та природокористування

Постановка проблеми. У сучасних умовах сільськогосподарства вивчення властивостей ґрунту та їхній вплив на вирощування ключових сільськогосподарських культур, таких як пшениця озима, які становлять основу у глобальному забезпеченні продовольства світового населення набуває особливого значення. Реалізувати потенціал сорту чи гібриду слід не високими дозами добрив, а оптимізацією властивостей і ґрунту, що забезпечують відновлення його родючості, створення життєво важливих для рослин режимів відповідно до їх біологічних потреб і відсутності негативного зсуву мікробіоценозів [1]. Дози добрив повинні відповідати збалансованому живленню рослин всіма біогенними елементами. Оптимальна доза добрив, що використовується для вирощування пшениці має бути визначено з урахуванням біологічних особливостей сорту та очікуваного рівня врожайності, погодних умов і родючості ґрунтів, рівня агрокультурних технологій, розміщення посівів у сівозміні, їх насиченості добривами та іншими факторами [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Умови мінерального живлення, впливаючи на хімічний склад рослин і регулюючи обмінні процеси, вважаються важливими факторами формування врожаю [3]. Азотні, фосфорні, калійні добрива широко використовуються в системі удобрення озимої пшениці [4]. Внесені добрива діють найбільш сприятливо в тих випадках, коли завдяки їм встановлюється правильне співвідношення поживних речовин, тобто для одержання високих і сталих урожаїв зерна пшениці озимої відповідної якості, необхідне збалансоване мінеральне (азот, фосфор, калій) живлення рослин [5].

Внесення азотних добрив може збільшити рухливість поживних речовин у ґрунті та стимулювати ріст коренів, покращуючи засвоєння поживних речовин рослинами [6]. Результати багатьох дослідників підтверджують високу ефективність застосування азотних добрив під зернові культури. порівняно з фосфорно-калійними добривами [7]. Інші дослідники наголошують на необхідності повного мінерального живлення сільськогосподарських культур. Зокрема, Брар та ін. [8] повідомляють про повну деградацію ґрунту на ділянках, оброблених лише азотом протягом певного періоду часу, що призвело до нульової врожайності у сівозміні кукурудза-пшениця озима. Фосфор необхідний у меншій кількості, ніж інші азот, але він є незамінним для росту і розмноження рослин [9]. Калій відомий як поживний елемент,

що підвищує врожайність, захищає культуру від хвороб, вилягання та пом'якшує вплив теплового стресу [10, 11].

Дерново-підзолисті ґрунти легкого гранулометричного складу вирізняються підвищеною кислотністю ґрунтового розчину та збіднені на поживні речовини. Враховуючи роль елементів живлення, потребу пшениці у азоті, фосфорі та калію протягом вегетації, її відношення до кислотності ґрунту існує потреба управління родючістю дерново-підзолистих ґрунтів, і відповідно, продуктивністю культур шляхом комплексного поліпшення їх властивостей здійсненого в першу чергу через цілеспрямоване регулювання системи їх удобрення.

Мета досліджень – аналіз вмісту елементів живлення у провапнованому дерново-підзолистому ґрунті при вирощуванні пшениці озимої за різних доз мінерального живлення для поглиблення розуміння впливу рівнів поживного режиму, що при цьому формуються, на врожайність зерна із метою оптимізації умов її росту і розвитку.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводили у стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН протягом 2021-2023 рр. на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті при вирощуванні пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Попередник – соя. Агротехніка вирощування загальноприйнята для зони Полісся. Захист від шкідників, хвороб і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

Посівна площа ділянки 99 м², облікова – 50 м², повторність дослідів – триразова. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Загальним фоном у досліді слугувало заорювання побічної продукції попередника. Схема дослідів включала варіанти: 1. Без добрив (контроль); 2. СаMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) – фон; 3. Фон + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (рекомендована доза) + мікродобриво (двічі); 4. Фон + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (доза розрахована нормативним методом на винос основної продукції – зерно) + мікродобриво (двічі); 5. Фон + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (доза розрахована нормативним методом на винос основної і побічної продукції – зерно + солома) + мікродобриво (двічі); 6. Фон + N₁₃₀ (доза розрахована нормативним методом на винос основної продукції – зерно) + мікродобриво (двічі); 7. СаMg(CO₃)₂ (1,5 Нг) + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (рекомендована доза NPK) + мікродобриво (двічі); 8. СаСО₃ (1,0 Нг) + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (рекомендована доза NPK) + мікродобриво (двічі).

Хімічні меліоранти застосовували перед закладанням дослідів у формі доломітового борошна та вапна,

дозу яких у варіантах визначали за показником гідролітичної кислотності (Нг).

Мінеральні добрива вносили згідно зі схемою досліду у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого. Азотні (N_{30}), фосфорні, калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, N_{60} – у ранньовесняне підживлення, решту азоту згідно схеми досліду у фазі кінець кушніння. Позакореневе підживлення посівів мікродобривом Нутривант Плюс універсальний (2 кг/га) проводили у фазі весняного кушніння та виходу в трубку.

Відбір ґрунтових зразків проводили з 0-20 см шару дерново-підзолистого ґрунту протягом вегетації пшениці озимої у наступні фази: кушніння, колосіння, повна стиглість. Усереднена проба складалася з п'яти точкових відборів ґрунту, проведених по діагоналі облікової площі. Зразки висушували до повітряно-сухого стану й просівали через сито діаметром 0,25 мм. Визначення вмісту лужногідролізних сполук азоту проводили методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015), вмісту рухомих сполук фосфору і калію методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА (ДСТУ 4405:2005).

Облік урожайності зерна пшениці озимої проводили шляхом зважування всього врожаю з облікової площі з подальшим перерахунком на 1 га площі.

Дані досліджень аналізували за допомогою одностроннього дисперсійного аналізу (ANOVA) із використанням критерію Фішера (F-критерію) для визначення значущості відмінностей при $p \leq 0,05$. Статистичний аналіз проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica, версія 10.0 (StatSoft Inc.).

Результати досліджень та обговорення. Азот найінтенсивніше засвоюється рослинами пшениці

озимої в період активного росту, тому забезпечення посівів достатнім азотним живленням є важливим фактором для підтримання їхньої продуктивності та стійкості [12].

Внесення мінеральних добрив у рекомендованій і отриманих розрахунковим методом дозах на фоні $CaMg(CO_3)_2$ і $CaCO_3$ забезпечило істотне підвищення вмісту азоту відносно контролю і фону (рис. 1). У середньому за 2021–2023 рр. до контролю підвищення вмісту у варіанті фон + $N_{150}P_{50}K_{125}$ (нормат. зерно і солома) + МД становило у фазу кушніння 19,8 мг/кг ґрунту, на час повної стиглості 14,5 мг/кг ґрунту, що було найвищими показниками у досліді (рис. 3). Внесення рекомендованої дози та розрахункових доз на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ і $CaCO_3$ не спричинило істотного підвищення показників у ґрунті у фазу кушніння. Тоді як у варіанті з дозою 1,5 Нг $CaMg(CO_3)_2$ порівняно із попередніми варіантами різниця була істотною за $p \leq 0,05$. За даними Малиновської І. М. [13] вапнування уповільнює мінералізацію гумусу і органічного азоту, що сприяє збереженню лужногідролізних сполук у ґрунті.

Різниця у вмісту легкогідролізних сполук азоту у 0–20 см шарі ґрунті від фази кушніння до фази колосіння в удобрюваних варіантах становила 9,1–10,0 мг/кг ґрунту. Динаміка елементів у ґрунті пов'язана як із діяльністю рослинної кореневої системи, яка модифікує ризосферні процеси ґрунту через їхню фізіологічну активність, таку як виділення протонів, участь у окисно-відновних обмінах [14], так і з мікробіологічними процесами [15, 16].

Згідно з результатами досліджень, проведених Лико Д. В. [17] за сільськогосподарського використання

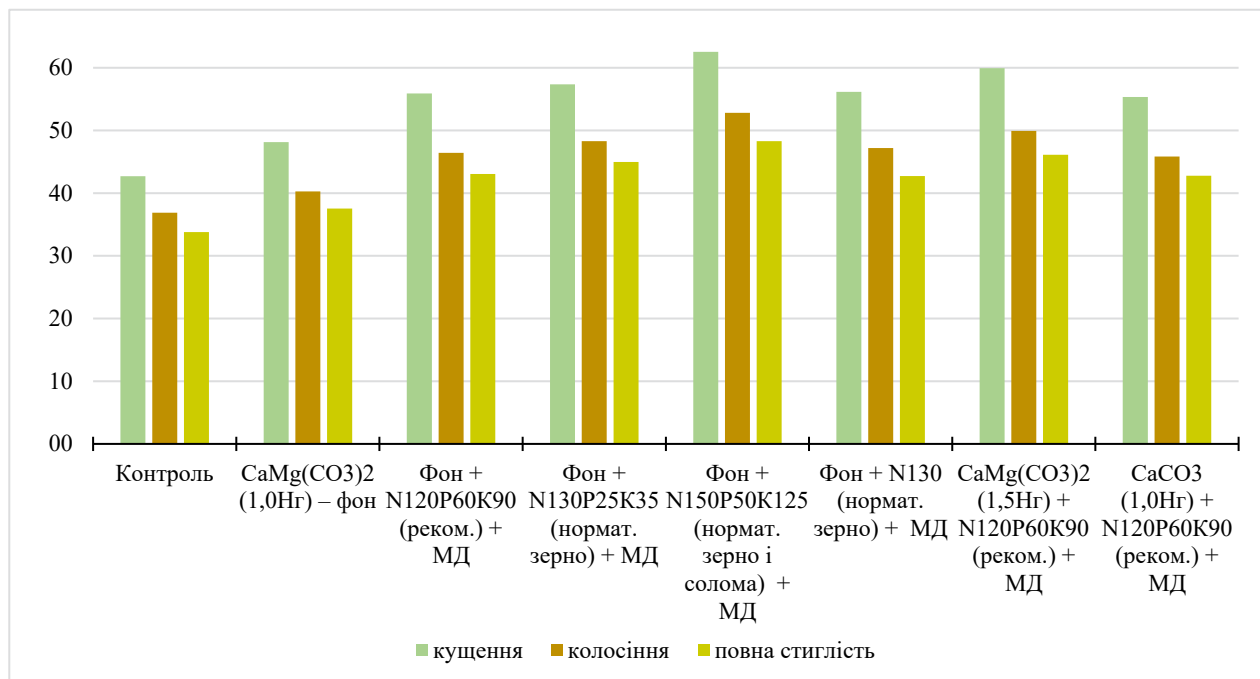


Рис. 1. Вміст легкогідролізних сполук азоту в 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту, мг/кг ґрунту, середнє за 2021–2023 р.

Примітка: $НP_{05}$ мг/кг ґрунту: кушніння – 2,5; колосіння – 2,4; повна стиглість – 2,1.

дерново-підзолистих ґрунтів вміст фосфору в них може наближатися до середнього незалежно від вирощуваних культур. Стійкість цих висновків підтверджується результатами стаціонарного досліджу (рис. 2).

У середньому за роки досліджень найвищий вміст рухомих сполук фосфору у 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту встановлено у варіанті $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + МД. Показники у даному варіанті на 16,6–16,8 мг/кг ґрунту переважали дані отримані у варіанті аналогічного мінерального живлення на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Qaswar M. та ін. [18]. пояснюють підвищення доступності фосфору у кислих ґрунтах та ефективності його використання рослинами дією вапнякового матеріалу.

Протягом вегетаційного періоду культури спостерігається зменшення вмісту рухомих форм фосфору у орному шарі ґрунті. У результаті досліджень встановлено, що внесення дози Р60 у варіанті 1,0 Нг доза $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + МД не зумовлює істотного збільшення вмісту рухомого фосфору порівняно із варіантами фон + $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (нормат. зерно і солома) + МД і фон + $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ (нормат. зерно) + МД. Valemi T. [19] зазначає, що в умовах обмеження фосфору у рослин існують механізми, які підвищують ефективність його поглинання з ґрунту і використання, тобто здатність виробляти вищий вміст сухої речовини на одиницю поглинутого фосфору.

Вміст рухомих сполук калію у орному шарі у дерново-підзолистого ґрунту варіював залежно від дози калію у системі удобрення пшениці озимої та її фази росту і розвитку (рис. 3).

Підвищення вмісту рухомих сполук калію за відсутності додаткового мінерального живлення може бути пов'язано з його надходженням із нетоварною частиною врожаю попередника, яку заробляли у ґрунт. Так, накопичення калію у ґрунті на рівні 8,2 та 6,8 мг/кг ґрунту отримана для варіанта фон + N_{130} (нормат. зерно) + МД.

Проведений статистичний аналіз показників урожайності пшениці озимої (у; т/га) за 2021–2023 рр. у варіантах від вмісту елементів живлення (х; мг/кг) у орному шарі дерново-підзолистого ґрунту показав лінійну залежність, яка описувала наступними рівняннями на рівні ймовірності (табл. 1). Як видно із параметрів рівняння залежності найбільший вплив на формування продуктивності пшениці озимої мав вміст лужногідролізних сполук азоту ($R^2 = 0,92$) і рухомих сполук калію ($R^2 = 0,90$) у орному шарі дерново-підзолистого ґрунті у фазу куцання весняного періоду вегетації. Отримана залежність між наведеними показниками була дуже сильною на рівні ймовірності $p \leq 0,05$.

Висновки. Внесення доз добрив, розрахованих нормативним методом із урахуванням біологічних потреб культури і рівня забезпеченості ґрунту, дозволило підвищити вміст елементів живлення у 0–20 см шарі ґрунті порівняно з варіантом без добрив. Рекомендована доза мінеральних добрив $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ не мала істотного впливу на накопичення елементів у ґрунті порівняно з розрахунковими дозами $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (нормат. зерно і солома) і $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ за інших однакових умов у варіантах. За даними статистичного аналізу динаміка урожайності (у, т/га) залежно від вмісту елементів живлення (х; мг/кг) у 0–20 см шарі ґрунту опи-

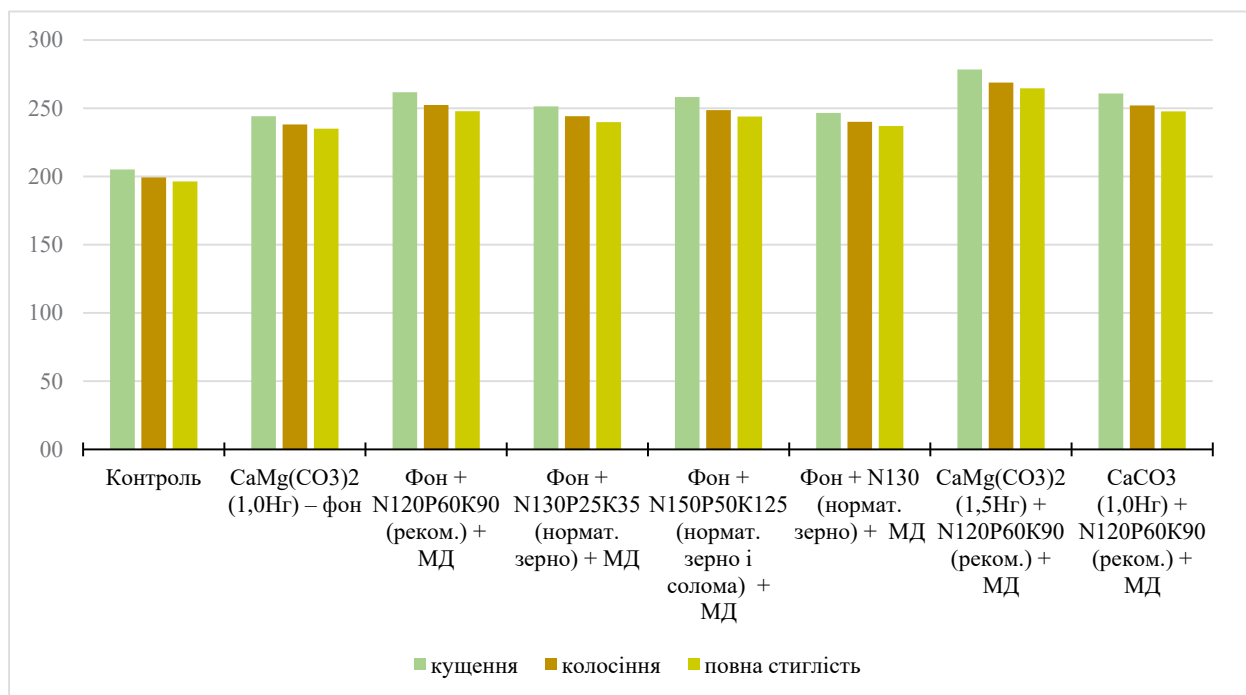


Рис. 2. Вміст рухомих сполук фосфору в 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту, мг P_2O_5 /кг ґрунту, середнє за 2021–2023 р.

Примітка: НП_{05} , мг/кг ґрунту: кущення – 13,1; колосіння – 11,9; повна стиглість – 10,4.

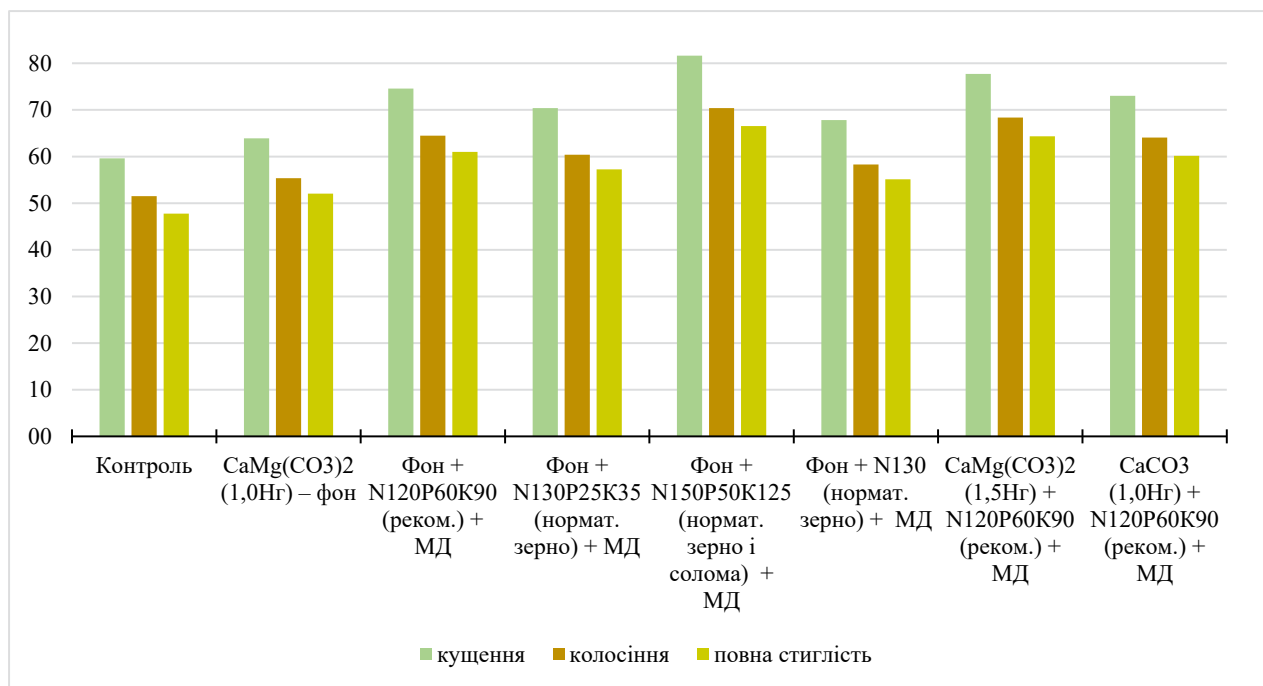


Рис. 3. Вміст рухомих сполук калію в 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту, мг K₂O/кг ґрунту, середнє за 2021–2023 р.

Примітка: НІР₀₅, мг/кг ґрунту: кущення – 5,1; колосіння – 4,5; повна стиглість – 4,0.

Таблиця 1

Кореляційна залежність урожайності зерна пшениці озимої від вмісту елементів живлення у 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту, в середньому за 2021–2023 рр.

у	х	Елемент	Параметри рівняння $y = ax + b$					
			фаза кущення			фаза колосіння		
			a	b	R ²	a	b	R ²
Урожайність зерна пшениці озимої, т/га	Вміст елемента в ґрунті, мг/кг	N	0,1549	-4,5820	0,92	0,1572	-3,3258	0,61
		P ₂ O ₅	0,0419	-6,6101	0,75	0,0398	-5,8141	0,69
		K ₂ O	0,1357	-5,7499	0,90	0,1504	-5,3670	0,88

сувалась прямою лінійною залежністю, яка була дуже сильною у фазу кущення для лужногідролітичних сполук азоту (R² = 0,92) і рухомих сполук калію (R² = 0,90), що підтверджує необхідність забезпечення достатнього рівня живлення культури, особливо доступними сполуками азоту і калію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Господаренко Г. М., Рябовол Я. С., Черно О. Д., Любич В. В., Крижанівський В. Г. Ріст і розвиток пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від умов мінерального живлення в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського НУС*. 2020. № 2. С. 3–8. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-3-8
- Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 18-22. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.14.3.
- Зубець М.В. та ін. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України. Київ: Аграрна наука, 2010. 944с.
- Li C., Hao Y., Xue Y. et al. Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in the farmland of the Loess Plateau, China. *Journal of Agro Environment Science*. 2020. Vol. 39, Iss. 8. P. 1783–1791. DOI: 10.11654/jaes.2020-02406.
- Мазуркевич Л. І. Вплив тривалого застосування добрив на вміст поживних елементів у ґрунті, врожайність пшениці ярої та якість зерна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Аграрна наука*. 2014. Вип. 195(1). С. 78-84. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnauc_agr_2014_195%281%29__14
- Rekaby, S.A., Eissa, M.A., Hegab, S.A., & Ragheb, H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under Semi-Arid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. 2019. № 1. P. 1–6.

7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Iss. 5 Article 593. DOI: 10.3390/agriculture12050593.
8. Brar, B. S., J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maize-wheat rotation. *Agronomy*. 2015. 5 (2). P. 220–238. DOI: 10.3390/agronomy5020220
9. Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L. and Nelson W.L. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. 8 (3). 459–464. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3e.9254
11. Yi W., Zhongkui Zh., Yuanyuan L., Yulong H., Yanlai H., Jinfang T. High Potassium Application Rate Increased Grain Yield of Shading-Stressed Winter Wheat by Improving Photosynthesis and Photosynthate Translocation. *Front. Plant Sci.* 2020. 28 February. DOI:https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00134.
12. Sharma LK, Bali SK. A Review of Methods to Improve Nitrogen Use Efficiency in Agriculture. *Sustainability*. 2018. 10(1). 51. DOI: https://doi.org/10.3390/su10010051.
13. Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси у сірому лісовому ґрунті за мінерального удобрення, вапнування та заорювання побічної продукції рослинництва. Матеріали. Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка «Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство». 24-26 квітня 2023. С. 138–141
14. Zhang F, Cui Z, Fan M, Zhang W, Chen X, Jiang R. Integrated soil-crop system management: reducing environmental risk while increasing crop productivity and improving nutrient use efficiency in China. *J Environ Qual*. 2011 Jul-Aug;40(4):1051-7. DOI: 10.2134/jeq2010.0292. PMID: 21712573
15. Лопушняк В., Засєкін Н. Оцінка мікробіологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за використання ферментованих добрив. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронімія*. 2013. № 17 (1). С. 170-174.
16. Li, C. X., Yun, S. H. A. O., Zhang, L. L. (2018). Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. (01). 210-219. DOI:10.1016/S2095-3119(17)61740-4
17. Lyko D. V., Lyko S. M., Portukhay O. I., Savchuk R. I., & Krupko H. D. The agrochemical state of sod-podzolic soils of Western Polissya in the conditions of anthropogenesis. *Agrology*. 2018. № 1(3). P. 247–253. DOI:10.32819/2617-6106.2018.13003
18. Qaswar M., Dongchu L. et al. Interaction of liming and long-term fertilization increased crop yield and phosphorus use efficiency (PUE) through mediating exchangeable cations in acidic soil under wheat–maize cropping system. *Scientific Reports*. 2020. 10 (19828). DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-76892-8
19. Balemi T., Negisho K. Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2012. 12 (3). P. 547-562 DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000015

REFERENCES:

1. Hospodarenko H. M., Riabovol Ya. S., Chernov O. D., Liubych V. V., Kryzhanivskyi V. H. (2020). Rist i rozvytok pshenytsi ozymoi u vesniano-litnii period vehetatsii zalezho vid umov mineralnoho zhyvlennia v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Growth and development of winter wheat in the spring-summer vegetation period depending on mineral nutrition conditions in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho NUS*, 2, 3-8. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-3-8 [in Ukrainian].
2. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Burliai O. L., Prytuliak R. M. (2022). Ahrokhimichni vlastyvoli chornozemu opidzolenoho za riznykh doz azotnykh dobryv i yikh poiednannia z inshymy vydamy mineralnykh dobryv [Agrochemical properties of podzolized chernozem with different doses of nitrogen fertilizers and their comparison with other types of mineral fertilizers]. *Ahrarni innovatsii*, 14, 18-22. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.14.3 [in Ukrainian].
3. Zubets M.V. ta in. (2010). Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Polissia i zakhidnomu rehioni Ukrainy [Scientific bases of agro-industrial trust in the Polissia zone and the western region of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka, 944 [in Ukrainian].
4. Li C., Hao Y., Xue Y. et al. (2020). Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in the farmland of the Loess Plateau, China. *Journal of AgroEnvironment Science*, 39(8),1783–1791. DOI: 10.11654/jaes.2020-02406
5. Mazurkevych L. I. (2014). Vplyv tryvaloho zastosuvannia dobryv na vmist pozhyvnykh elementiv u hruntі, vrozhaivist pshenytsi yaroї ta yakist zerna [The effect of long-term application of fertilizers on the content of nutrients in the soil, spring wheat yield and grain quality]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya : Ahronomiia*, 195(1), 78-84 [in Ukrainian].
6. Rekaby, S. A., Eissa, M. A., Hegab, S. A., & Ragheb, H. M. (2019). Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under Semi-Arid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*, 1, 1–6.
7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. (2022). Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*, 12(5), 593. DOI: 10.3390/agriculture12050593.
8. Brar, B. S., J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. (2015). Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maize-wheat rotation. *Agronomy*,5 (2), 220–238. DOI: 10.3390/agronomy5020220
9. Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L. and Nelson W.L. (2005). Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. (2020). Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical*

- Studies*, 8 (3), 459–464. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3e.9254
11. Yi W., Zhongkui Zh., Yuanyuan L., Yulong H., Yanlai H., Jinfang T. (2020. 28 February). High Potassium Application Rate Increased Grain Yield of Shading-Stressed Winter Wheat by Improving Photosynthesis and Photosynthate Translocation. *Front. Plant Sci.* DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00134>.
 12. Sharma LK, Bali SK. A (2018). Review of Methods to Improve Nitrogen Use Efficiency in Agriculture. *Sustainability*, 10(1), 51. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10010051>
 13. Malynovska I. M. (2023, April 24-26). Mikrobiolohichni protsesy u siromu lisovomu hrunti za mineralnogo udobrennia, vapnuvannia ta zaoriuvannia pobichnoi produktsii roslynnytstva [Microbiological processes in gray forest soil under mineral fertilization, liming and plowing of plant by-products]. *Materialy. Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii, prysviachenoï 120-richchiu vid Dnia Narodzhennia Hryhoriïa Andrushchenka «Grunt, stalï rozvytok ta ukrainske gruntoznavstvo»*, 138-141 [in Ukrainian].
 14. Zhang F, Cui Z, Fan M, Zhang W, Chen X, Jiang R. (2011) Integrated soil-crop system management: reducing environmental risk while increasing crop productivity and improving nutrient use efficiency in China. *J Environ Qual*, Jul-Aug;40(4):1051-7. DOI: 10.2134/jeq2010.0292. PMID: 21712573
 15. Lopushniak V., Zasiëkin N. (2013). Otsinka mikrobiolohichnoi aktyvnosti derno-podzolistoho gruntu za vykorystannia fermentovanykh dobryv [Assessment of microbiological activity of turf-podzolic soil using fermented fertilizers]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu. Ahronomiïa*, 17(1), 170-174 [in Ukrainian].
 16. Li, C. X., Yun, S. H. A. O., Zhang, L. L. (2018). Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, (01), 210-219. DOI:10.1016/S2095-3119(17)61740-4
 17. Lyko D. V., Lyko S. M., Portukhay O. I., Savchuk R. I., & Krupko H. D. (2018). The agrochemical state of sod-podzolic soils of Western Polissya in the conditions of anthropogenesis. *Agrology*. 1(3), 247–253. DOI:10.32819/2617-6106.2018.13003 [in Ukrainian].
 18. Qaswar M., Dongchu L., et al. Interaction of liming and long-term fertilization increased crop yield and phosphorus use efficiency (PUE) through mediating exchangeable cations in acidic soil under wheat–maize cropping system. *Scientific Reports*. 2020. 10 (19828). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76892-8>
 19. Balemi T., Negisho K. (2012). Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (3), 547-562. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000015>

Яценко Л.А., Ювчик Н.О. Поживний режим провапнованого дерново-підзолистого ґрунту за різних доз мінерального удобрення пшениці озимої

Мета досліджень. Аналіз вмісту елементів живлення в провапнованому дерново-підзолистому ґрунті при вирощуванні пшениці озимої за різних доз мінерального живлення для поглиблення розуміння зв'язку

поживного режиму ґрунту, що при цьому формуються, та врожайності зерна. **Методика досліджень.** Польовий дослід для вивчення впливу досліджуваних факторів; агрохімічний аналіз для кількісного визначення вмісту елементів живлення у ґрунті; статистичні методи для обґрунтування істотності отриманих результатів і визначення кореляційної залежності між елементами живлення і урожайністю зерна. **Результати.** У середньому за 2021–2023 рр. залежно від дози мінеральних добрив встановлено поліпшення поживного режиму ґрунту. Найбільше підвищення вмісту легкогідролізних сполук азоту в межах 19,8–14,5 мг/кг ґрунту протягом куцання – повна стиглість порівняно з контролем отримано у варіанті фон + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + МД. У досліді вміст рухомих сполук фосфору вирізнявся високим і дуже високим вмістом. Вміст рухомих сполук фосфору у варіанті CaMg(CO₃)₂ (1,5 Нг) + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (реком.) + МД. На 16,6–16,8 мг/кг ґрунту переважав дані отримані у варіанті аналогічного мінерального живлення культури N₁₂₀P₆₀K₉₀ (реком.) + МД на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂. За рахунок надходження нетоварної частини попередника у ґрунт у варіанті фон + N₁₃₀ (нормат. зерно) + МД підвищення вмісту його рухомих сполук порівняно з контролем було в межах 8,2–7,4 мг/кг ґрунту. При внесенні N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (нормат. зерно і солома) вміст калію у ґрунті перевищував показник контролю на 22 мг/кг ґрунту. У цьому ж варіанті отримано найвищі зміни вмісту калію в орному шарі у міжфазні періоди вегетації культури.

Висновки. Рекомендована доза мінеральних добрив N₁₂₀P₆₀K₉₀ не мала істотного впливу на накопичення елементів у ґрунті порівняно з розрахунковими дозами N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (нормат. зерно і солома) і N₁₃₀P₂₅K₃₅ за інших однакових умов у варіантах. Статистичний аналіз залежності урожайності зерна пшениці озимої (y; т/га) за 2021–2023 рр. у варіантах від вмісту елементів живлення (x; мг/кг) у 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту показав пряму лінійну залежність між вмістом лужногідролізних сполук азоту (R² = 0,96) і рухомих сполук калію (R² = 0,90) у фазу куцання весняного періоду вегетації, що підтверджує необхідність забезпечення достатнього рівня живлення культури, особливо доступними сполуками азоту і калію.

Ключові слова: азот, фосфор, калій, урожайність, статистична залежність.

Yashchenko L.A., Yuvchik N.O. Nutrient regime of ameliorated sod-podzolic soil under different rates of mineral fertilization of winter wheat

Purpose. Analysis of the content of nutrients in ameliorated sod-podzolic soil during the cultivation of winter wheat under different doses of mineral nutrition to deepen the understanding of the relationship between the nutrient regime of the soil, which is formed at the same time, and the grain yield of the crop in order to optimize the conditions for its growth and development. **Methods.** Field experiment to study the influence of the investigated factors; agrochemical analysis for quantitative determination of the nutrients content; statistical methods for substantiating the significance of the obtained results and determining the correlation between nutrients and the yield of grain. **Results.** On average, for 2021–2023, depending on the dose of mineral fertilizers an improvement in the nutritional regime of the soil was established. The highest content of easily hydrolyzable nitrogen compounds 19.8-14.5 mg/kg of soil during the period of budding-full-ripeness

was found in the variant $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh) + $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (normat. grain and straw) + MD. The content of available phosphorus in the variant $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.5 Hh) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (recommended dose) + MD ranged from 16.6 to 16.8 mg/kg of soil, which predominated over the data obtained in the variant of similar mineral nutrition of the crop $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (recommended dose) + MD against the background of 1.0 t/ha dose of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Due to the influx of the plant residual of predecessor into the soil in the variant of 1.0 dose of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ + N_{130} (norm. dose for grain) + MD, the increase of available potassium compared to the control ranged from 8.2 to 7.4 mg/kg of soil. In a variant, $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (norm. dose for grain and straw), the potassium content in the soil exceeded the control indicator by 22 mg/kg of soil. In this variant, the highest changes in potassium content in the arable layer during the interphase periods of crop vegetation were obtained.

Conclusions. The recommended dose of mineral fertilizers $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ did not have a significant impact on the accumulation of elements in the soil compared to the calculated doses of $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (norm. for grain and straw) and $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ (norm. for grain) under other identical conditions in the variants. Statistical analysis of the winter wheat grain yield (y ; t/ha) for 2021–2023 in the variants based on the nutrient element content (x ; mg/kg) in the 0–20 cm layer of sod-podzolic soil was shown. The direct linear dependence between the content of easy hydrolyzable nitrogen compounds ($R^2 = 0.96$) and available potassium compounds ($R^2 = 0.90$) during the tillering phase of the spring vegetative period, confirms the necessity of ensuring an adequate level of crop nutrition, especially with available nitrogen and potassium compounds.

Key words: nitrogen, phosphorus, potassium, grain yield, statistical dependence.