

УДК 631.8:631.45

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.23>

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ

Ященко Л.А. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства імені С.Т. Вознюка,
Національний університет водного господарства та природокористування

Ювчик Н.О. – старший викладач кафедри агроінженерії,

Національний університет водного господарства та природокористування

У дослідженні наведено результати впливу різних доз мінеральних добрив у поєднанні з позакореневим підживленням мікродобривом на фоні хімічної меліорації на продуктивність озимої пшениці в умовах Західного Полісся на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Внесення мінеральних добрив включало варіанти із рекомендованою ($N_{120}P_{60}K_{90}$) та розрахунковими дозами, що визначені нормативним методом на винос елементів живлення основною ($N_{130}P_{25}K_{35}$) та основною і побічною продукцією ($N_{150}P_{50}K_{125}$). Позакореневе підживлення мікродобривом проводили дворазово за вегетацію культури. У якості фону застосовували вапнування у дозах, визначених за гідролітичною кислотністю ґрунту (1,0 і 1,5 дози Нг доломітового та 1,0 дози вапнякового борошна).

Найбільшу врожайність зерна (4,97 т/га) у середньому за 2021–2023 рр. забезпечила доза добрив, розрахована нормативним методом на винос елементів живлення основною і побічною продукцією ($N_{150}P_{50}K_{125}$) у поєднанні з мікродобривом на фоні $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 дози Нг). Приріст до контролю (без добрив) склав 2,93 т/га, або 143,6%. Розрахункова доза на винос основною продукцією ($N_{130}P_{25}K_{35}$) не призвела до істотного зниження врожайності зерна ($p \leq 0,05$) порівняно з рекомендованою дозою ($N_{120}P_{60}K_{90}$). Комбіноване застосування повного мінерального живлення у всіх дозах разом з позакореневим підживленням мікродобривом на фоні вапнування значно покращувало якість зерна пшениці, яке відповідало II класу (ДСТУ 3768:2019). Водночас, за використання лише азотних добрив (N_{130}), зерно досягло лише III класу якості за інших однакових умов із попередніми варіантами. Дослідження підтверджують важливість збалансованого застосування мінеральних добрив і вапнування для досягнення високої врожайності та стабільної якості зерна пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті.

Ключові слова: пшениця озима, дози, добрива, підживлення, хімічна меліорація, урожайність, якість.

Yuvchik N.O., Yashchenko L.A. Formation of yield and grain quality of winter wheat under mineral nutrition and liming on sod-podzolic soil

The study presents the results of the impact of different doses of mineral fertilizers combined with foliar application of micronutrients against the background of chemical amelioration on winter wheat productivity in the conditions of Western Polissia on sod-podzolic sandy loam soil. The application of mineral fertilizers included options with the recommended dose ($N_{120}P_{60}K_{90}$) and calculated doses determined by the normative method based on nutrient removal with the main ($N_{130}P_{25}K_{35}$) and main plus by-product ($N_{150}P_{50}K_{125}$). Foliar application of micronutrients was carried out twice during the growing season. Chemical amelioration was performed with liming at doses determined by the soil's hydrolytic acidity (1.0 and 1.5 Hh doses of dolomitic lime and 1.0 Hh dose of calcium carbonate flour).

The highest average grain yield (4.97 t ha⁻¹) over 2021–2023 was achieved with the dose of fertilizers calculated by the normative method based on nutrient removal with both main and by-product ($N_{150}P_{50}K_{125}$) in combination with micronutrient foliar feeding on the background of $CaMg(CO_3)_2$ (1.0 dose Hh). The increase compared to the control (no fertilizers) was 2.93 t ha⁻¹, or 143.6%. The calculated dose for nutrient removal with the main product ($N_{130}P_{25}K_{35}$) did not result in a significant reduction in grain yield ($p \leq 0.05$) compared to the recommended dose

($N_{120}P_{60}K_{90}$). The combined application of full mineral nutrition in all doses along with foliar micronutrient feeding against the background of liming significantly improved the quality of the wheat grain, which met the requirements of grade II (DSTU 3768:2019). At the same time, when only nitrogen fertilizers (N_{130}) were used, the grain reached only grade III quality under otherwise identical conditions with previous treatments. The study confirms the importance of balanced use of mineral fertilizers and liming to achieve high yield and stable quality of winter wheat grain on sod-podzolic soil.

Key words: winter wheat, doses, fertilizers, feeding, chemical amelioration, yield, quality.

Постановка проблеми. Пшениця озима є однією з найважливіших зернових культур, що займає провідне місце у сільськогосподарському виробництві світу та України. Головним чинником підвищення її продуктивності, особливо на легких дерново-підзолистих ґрунтах, є вдосконалення технології вирощування, зокрема оптимізація мінерального живлення та вапнування.

Регулювання поживного режиму ґрунту створює сприятливі умови для росту й розвитку рослин, що сприяє підвищенню їхньої продуктивності та родючості ґрунту [1]. Впродовж розвитку пшениця озима проходить два критичних періоди забезпеченості елементами живлення: від появи сходів до припинення осінньої вегетації, коли рослини особливо чутливі до нестачі азоту, фосфору та калію, а також від відновлення весняної вегетації до виходу в трубку, коли істотно зростає потреба в азоті [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для досягнення високої врожайності та поліпшення якості зерна необхідно вносити азотні, фосфорні та калійні добрива в оптимальних співвідношеннях, враховуючи біологічні особливості сорту, погодні умови та родючість ґрунту. На початкових етапах вегетації азотні добрива стимулюють ріст рослин, підвищують інтенсивність накопичення азотосполук у вегетативних органах, сприяють формуванню колоса, збільшенню кількості зерен, а також підвищенню вмісту білка та клейковини. Фосфорно-калійні добрива сприяють розвитку кореневої системи, накопиченню цукрів та підвищенню зимостійкості рослин [3, 4].

Нестача азоту уповільнює синтез білків, що негативно впливає на ріст рослин, прискорює формування генеративних органів і, відповідно, знижує врожайність культури. Дослідження свідчать, що для отримання врожаю зерна пшениці озимої на рівні 6–7 т/га орієнтовні дози азотних добрив становлять 90–200 кг/га д.р., залежно від типу ґрунту. Найбільша ефективність досягається за оптимальних доз внесення добрив, оскільки надмірне удобрення призводить до зниження їх віддачі [5].

За даними Кулик М. І., підживлення азотом у дозі 30 кг/га д.р. може підвищити врожайність на 2–5 ц/га. Дослідження підтверджують, що внесення основного удобрення забезпечує 55% якості зерна, весняне підживлення азотом – 15%, позакореневе підживлення – 10%, а підживлення в період наливу зерна є особливо ефективним. Оптимальними дозами для покращення якості зерна вважають 90–120 кг/га д.р. азоту, при цьому збалансоване забезпечення NPK значно підвищує ефективність удобрення [6]. Доза азоту повинна перевищувати дози фосфору та калію в 1,5–2 рази [7].

Пшениця озима чутлива до підвищеної кислотності ґрунту та низького вмісту елементів живлення, тому вирощування на дерново-підзолистих ґрунтах потребує вапнування та покращення поживного режиму [8]. За узагальненими даними наукових установ, вапнування сприяє підвищенню врожайності пшениці озимої, оздоровленню ґрунту та підвищенню ефективності використання мінеральних добрив на 20–40%.

Дослідження свідчать, що при рН ґрунтового розчину менше ніж 4,6 урожайність пшениці знижується на 30%, за рН 4,6–5,0 – на 19%, за рН 5,1–5,5 – на 13%, а при рН 5,6–6,0 – на 4% [9]. Відсутність хімічної меліорації може призводити до щорічних втрат зернових одиниць у розмірі 0,6–1,8 млн т.

Виходячи з цього, актуальним є вивчення умов живлення пшениці озимої на малородючих ґрунтах на основі вдосконалення системи удобрення і вапнування.

Мета досліджень – встановлення закономірностей впливу різних доз мінеральних добрив на фоні хімічної меліорації на продуктивність пшениці озимої за вирощування на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті.

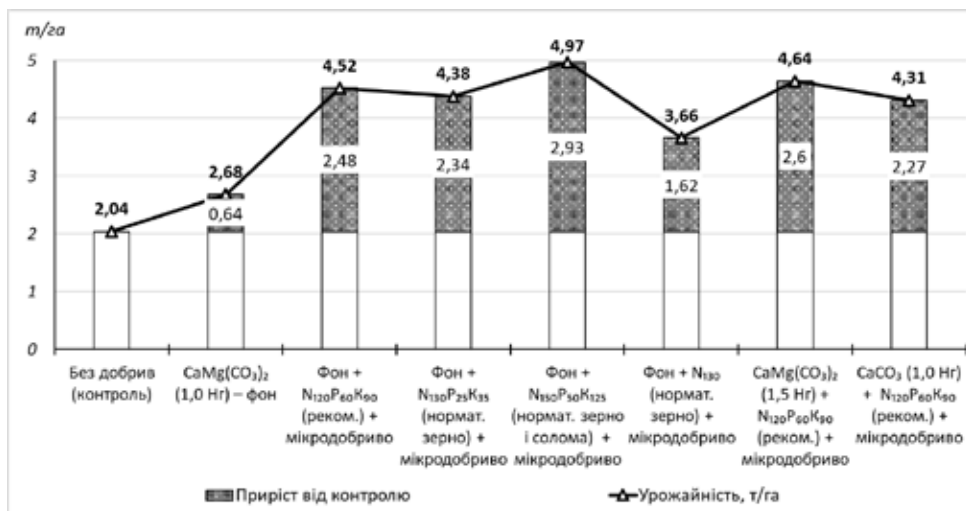
Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведені впродовж 2021–2023 рр. у стаціонарному польовому досліді, закладеному на землях Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН. Ґрунт дослідної ділянки дерново-підзолистий зв'язнопіщаний. Дослід проводиться на 3-х полях, чергування культур у сівозміні – пшениця озима, соя, кукурудза на зерно, соняшник. Посівна площа ділянки – 99 м², облікова – 50 м², повторність триразова. Мінеральні добрива у формі аміачної селітри, сульфату амонію, амофосу та калію хлористого вносили згідно схеми досліді. Рекомендована для зони Західного Полісся норма добрив становила N₁₂₀P₆₀K₉₀, а розраховані за нормативами витрат елементів живлення на формування 5 од. т/га зерна та лише зерна з відповідною кількістю соломи відповідно N₁₃₀P₂₅K₃₅ та N₁₅₀P₅₀K₁₂₅. Хімічні меліоранти вносили перед висівом пшениці у формі доломітового (CaMg(CO₃)₂) та вапнякового (CaCO₃) борошна. Дози меліорантів розраховані за показниками гідролітичної кислотності досліджуваних ділянок за формулою $D = Hg \times 1,5$, де Hg – гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту. Позакореневі підживлення мікродобривом Нутрівант Універсальний у дозі 2 кг/га проводили у фазу весняного кушення і виходу в трубку пшениці озимої. Облік урожаю проводився шляхом збирання і зважування основної продукції з усієї облікової площі ділянки. Визначали такі показники якості зерна: вміст білка – методом К'ельдаля (ДСТУ ISO 20483:2016), клейковини – шляхом ручного відмивання (ДСТУ ISO 21415-1:2009); масу 1000 зерен (ДСТУ 4138-2002), натуру за допомогою пурки (ДСТУ 10840:2019). Математичну обробку даних проводили дисперсійним методом (ANOVA). Визначення істотності результатів проводили за критерієм Фішера при $p \leq 0,05$.

Результати дослідження. Доведено, що оптимальні умови живлення рослин унаслідок раціонального застосування добрив є основою для одержання максимального урожаю сільськогосподарських культур. Тому обґрунтування систем удобрення є однією з найважливіших умов підвищення біопродуктивності агроценозів пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті.

Аналіз експериментальних даних показав, що на контрольному варіанті (без удобрення) у середньому за роки досліджень урожайність зерна була найнижчою – 2,04 т/га (рис. 1).

Проведення агрохімічних заходів для зменшення кислотності ґрунту у варіанті з 1,0 дози Hg CaMg(CO₃)₂ (фон) сприяло приросту врожаю зерна на 0,64 т/га, що становить 31,4% у порівнянні з контролем.

Однак, найбільш ефективним щодо впливу на продуктивність пшениці озимої є поєднання мінеральної системи удобрення і вапнування. Урожайність культури змінювалася залежно від доз добрив на фоні 1,0 дози Hg CaMg(CO₃)₂ у межах 3,66–4,97 т/га, що в 1,8–2,4 рази перевищувало контрольний показник (без добрив), на у 1,4–1,9 рази фоновий.



НРР₀₅ – 0,16–0,19 т/га

Рис. 1. Вплив систем удобрення та хімічної меліорації на урожайність пшениці озимої, середнє за 2021–2023 рр.

Застосування рекомендованої дози добрив (N₁₂₀P₆₀K₉₀) на фоні 1,0 дози Нг СаМg(CO₃)₂ у поєднанні з мікродобривом Нутривант Універсальний забезпечило приріст врожаю на 2,48 т/га або 122,6% порівняно з контролем (без добрив).

Дослідження показали, що внесення розрахункової дози удобрення за нормативним методом на винос НРК основною продукцією (N₁₃₀P₂₅K₃₅) та рекомендованої дози (N₁₂₀P₆₀K₉₀) у поєднанні з мікродобривом на фоні 1,0 дози Нг СаМg(CO₃)₂ сприяло формуванню врожайності на рівні 4,38 і 4,52 т/га відповідно. При цьому істотної різниці при $p \leq 0,05$ між варіантами не зафіксовано, що свідчить про їхню рівнозначну ефективність впливу на продуктивність зерна пшениці озимої.

Найвищу врожайність зерна (4,97 т/га) забезпечило внесення дози добрив розрахованої нормативним методом на винос НРК основною і побічною продукцією (N₁₅₀P₅₀K₁₂₅) на фоні СаМg(CO₃)₂ (1,0 дози Нг) у поєднанні з мікродобривом Нутривант Універсальний. Приріст врожаю склав 2,93 т/га або 143,6% у порівнянні з контролем (без добрив).

Виключення фосфорних і калійних добрив із системи удобрення (Фон + N₁₃₀ + мікродобриво) спричинило значне зниження врожайності (на 0,72 т/га) у порівнянні з варіантом, що містив мінімальну дозу фосфору й калію (N₁₃₀P₂₅K₃₅), за однакових інших умов.

Встановлено, що внесення N₁₂₀P₆₀K₉₀ + мікродобриво на фоні 1,5 дози Нг СаМg(CO₃)₂ забезпечило приріст врожайності на 0,19 т/га порівняно з 1,0 дозою меліоранта. Однак доцільність вапнування підвищеною дозою меліоранта слід оцінювати за економічними показниками ефективності.

Використання в якості меліоранта вапнякового борошна за рекомендованої дози мінерального удобрення (N₁₂₀P₆₀K₉₀) призвело до зниження врожайності на 6,0% у порівнянні з використанням СаМg(CO₃)₂ в однаковій дозі. Доломітове борошно не лише покращує фізико-хімічні властивості ґрунту, а й забезпечує рослини магнієм, що є важливим фактором для ґрунтів легкого механічного складу.

У ході досліджень встановлено, що поєднання вапнування та різних систем удобрення мали значний вплив на формування показників якості зерна пшениці озимої порівняно з контролем і фоном (табл. 1).

Таблиця 1

Якість зерна пшениці озимої залежно від удобрення та застосування меліорантів, середнє за 2021–2023 рр.

Варіант	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса зерна, г/л	Вміст білка, %	Вміст сирової клейковини, %
Без добрив (контроль)	27,4	708	10,1	15,8
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	29,3	723	10,9	17,5
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	34,1	754	12,8	24,3
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	33,7	752	12,5	23,6
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	35,1	766	13,1	25,1
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	32,2	730	11,9	18,3
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	34,4	758	12,9	24,8
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	33,9	742	12,6	24,1
НІР ₀₅	1,43	9,66	0,55	0,62

Одним із важливих технологічних показників якості зерна є його крупність, що визначається масою 1000 зерен. Внесення різних доз мінеральних добрив на фоні вапнування забезпечило масу 1000 зерен у межах 32,2–35,1 г, тоді як у контрольному варіанті та на фоні без добрив цей показник становив 27,4 та 29,3 г відповідно. Різниця між цими значеннями у варіантах є статистично значущою ($p \leq 0,05$). При використанні лише азотних добрив (N₁₃₀) у поєднанні з мікродобривом на фоні 1,0 дози Нг CaMg(CO₃)₂ маса 1000 зерен була на 4,5–9,2% нижчою порівняно з варіантами повного мінерального удобрення.

Натурна маса характеризує фізичні властивості зерна, зокрема його щуплість, вивоненість, жорсткість і опуклість. Встановлено, що цей показник змінювався залежно від досліджуваних факторів у межах 723–766 г/л. У контрольному варіанті (без добрив) він становив 708 г/л, тоді як внесення добрив на фоні вапнування підвищувало його на 22–58 г/л.

Основними критеріями якості зерна є вміст білка та клейковини. Підвищення вмісту клейковини не лише покращує харчову цінність хліба, а й забезпечує кращі хлібопекарські властивості борошна. Встановлено, що на фоні 1,0 дози Нг CaMg(CO₃)₂ відбулося збільшення вмісту білка на 0,8%, а сирової клейковини – на 1,7% порівняно з контролем (де відповідні показники становили 10,1% та 15,8%).

Використання лише азотних добрив у варіанті «Фон + N130 + мікродобриво» сприяло суттєвому збільшенню вмісту білка на 1,0% та клейковини на 0,8%

порівняно з фоновим варіантом. Однак згідно з ДСТУ 3768:2019 зерно цього варіанта було віднесене до III класу якості.

У середньому за роки досліджень внесення різних доз мінеральних добрив ($N_{120}P_{60}K_{90}$, $N_{150}P_{50}K_{125}$, $N_{130}P_{25}K_{35}$) на фоні $1,0 \text{ Нг СаМg(СО}_3)_2$ суттєво покращувало якість зерна порівняно з контролем, фоновим варіантом та варіантом із лише азотними добривами. Проте значної різниці між зазначеними дозами мінерального удобрення не виявлено ($p \leq 0,05$).

Також у варіантах із поєднанням $N_{120}P_{60}K_{90}$ та мікродобрива не зафіксовано суттєвої різниці у вмісті білка та клейковини при підвищенні дози $\text{СаМg(СО}_3)_2$ до $1,5 \text{ Нг}$ порівняно з $1,0 \text{ Нг}$, а також при заміні $\text{СаМg(СО}_3)_2$ на СаСО_3 .

Таким чином, незалежно від типу меліоранта та дози мінерального добрива, за умови дворазового позакореневого підживлення мікродобривом Нутривант Універсальний, отримане зерно відповідало II класу якості згідно з ДСТУ 3768:2019.

Висновки. Дослідження підтвердили, що застосування повного мінерального живлення на фоні вапнування сприяє підвищенню врожайності та якості зерна пшениці озимої при її вирощуванні на дерново-підзолистому ґрунті.

Найвищу врожайність ($4,97 \text{ т/га}$) забезпечило внесення добрив, розрахованих нормативним методом на винос елементів живлення основною та побічною продукцією ($N_{150}P_{50}K_{125}$), у поєднанні з дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом Нутривант Універсальний (2 кг/га) на фоні $1,0$ дози $\text{Нг СаМg(СО}_3)_2$. Варто зазначити, що внесення добрив за схемою удобрення $N_{130}P_{25}K_{35}$ не спричинило істотного зниження врожайності зерна ($p \leq 0,05$) у порівнянні з рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$ за інших однакових умов. Отже, застосування повного мінерального живлення забезпечує високу продуктивність культури та стабільні показники якості зерна, що відповідають вимогам II класу згідно з ДСТУ 3768:2019. Повне виключення фосфорних і калійних добрив за внесення лише N_{130} призводить значного зниження врожайності зерна та погіршення якості продукції до III класу, підкреслюючи важливість збалансованого удобрення для підтримки високої продуктивності пшениці озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nazarenko M., Mykolenko S., Okhmat P. Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. No 10 (3). P. 102–108. Doi: https://doi.org/10.15421/2020_175.
2. Гамаюнова В.В., Корхова М.М., Панфілова А.В. та ін. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування : монографія. Миколаїв, 2021. 300 с.
3. Третьякова С.О., Полторецкий С. П., Яценко А. О. та ін. Оптимізація елементів технології вирощування пшениці озимої у Правобережному Лісостепу України : монографія. Умань : Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2019. 152 с.
4. Keikha, M., Darzi-Naftchali, A., Motevali, A., & Valipour, M. Effect of nitrogen management on the environmental and economic sustainability of wheat production in different climates. *Agricultural Water Management*, 2023. Vol. 276, 108060. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108060>
5. Wang, Y., Peng, Y., Lin, J., Wang, L., Jia, Z., & Zhang, R. Optimal nitrogen management to achieve high wheat grain yield, grain protein content, and water productivity: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 2023. Vol. 290, 108587. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108587>
6. Кулик М. І. та ін. Урожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від систем удобрення. *Таврійський науковий вісник*, 2020. Вип. 114. С. 55–62. doi: 10.32851/2226-0099.2020.114.8.

7. Chang J.M., Clay D.E., Carlson C.G., Reese C.L., Clay S.A., M.M. Ellsbury. Defining yield goals and management zones to minimize yield and nitrogen and phosphorus fertilizer recommendation errors. *Agron. J.* 2004. 96:825–831.
 8. Господаренко, Г. М., Любич, В. В., & Черно, О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського національного університету садівництва*, 2022. Вип. 1. С. 32–36. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-32-36
 9. Польовий, В. М., Ященко, Л. А., Голуб, С. М., Кутуза, Д. М. *Урожайність традиційних культур полісся під впливом динаміки обмінної кислотності дерново-підзолистого ґрунту у часі за різних доз CaCO_3* . *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*, 2024. Вип. 108. № 4. С. 162–179. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs4202412>
-