

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ЮВЧИК НАДІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 631.445.21:633.11(438.42)

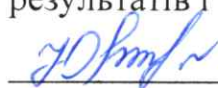
ДИСЕРТАЦІЯ
ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА
ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 Надія ЮВЧИК

Науковий керівник – Польовий Володимир Мефодійович,
доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН

Рівне-2025

АНОТАЦІЯ

Ювчик Н. О. Оптимізація системи удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, 2025.

У дисертації здійснено теоретичне обґрунтування підвищення продуктивності пшениці озимої в умовах Західного Полісся шляхом розробки практичних рекомендацій щодо поєднання удобрення і вапнування за її вирощування на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Це обґрунтування базується на результатах досліджень, які аналізують зміни фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту, показників балансу основних елементів живлення, рівня урожайності та якості отриманої продукції, що дозволяє підвищити ефективність технології вирощування пшениці та оптимізувати використання ресурсів для забезпечення стабільних і високих урожаїв.

В умовах сучасного землеробства та ринкової кон'юнктури вартість удобрення у структурі витрат на вирощування пшениці озимої може перевищувати 30 відсотків. Тому використання застарілих рекомендацій та вихідних даних для розрахунку доз добрив може призводити до зниження ефективності або збитковості її вирощування. Це підкреслює необхідність пошуку більш економічно вигідних і агрохімічно збалансованих методів визначення доз добрив та підбору найбільш ефективних хімічних меліорантів для поліпшення властивостей ґрунту.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні науково-прикладних завдань та виявленні загальних закономірностей формування продуктивності пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті шляхом удосконалення систем удобрення та проведення хімічної меліорації. Вперше в умовах Західного Полісся України здійснено агрохімічну і економічну оцінку застосування під пшеницю озиму на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті

доз мінеральних добрив встановлених різними методами: рекомендованої, розрахованої на задану врожайність за виносом елементів живлення зерном, а також зерном і відповідною кількістю побічної продукції з урахуванням ступеня забезпеченості ними ґрунту. Встановлено переваги використання доломітового борошна як хімічного меліоранта перед вапняним борошном.

Без додаткової меліорації (контроль) ґрунт характеризувався сильнокислою реакцією ($\text{pH } 4,12$) і був малопридатним для вирощування пшениці озимої. На фоні дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг), встановленої за гідролітичною кислотністю, залежно від варіантів удобрення обмінна кислотність ґрунтового розчину (pH_{KCl}) варіювала у середньому за роки досліджень у межах 5,64–5,74 од. Збільшення дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ до 1,5 дози Нг знизила кислотність до $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,26$. На фоні застосування вапняного борошна (1,0 за Нг) pH_{KCl} ґрунтового розчину становив 6,03, тобто CaCO_3 порівняно з $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ проявив дещо кращу нейтралізаційну здатність.

Проведення вапнування доломітовим борошном сприяло підвищенню вмісту кальцію і магнію відносно контролю як в орному, так і підорному шарах дерново-підзолистого ґрунту. За різних систем удобрення на фоні 1,0 і 1,5 дози Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ відношення $\text{Ca}:\text{Mg}$ було оптимальним – 2,99–3,18 у 0–20 см шарі, 2,98–3,55 у 20–40 см, тоді як використання у якості меліоранта 1,0 дози Нг CaCO_3 призвело до розширеного відношення елементів (11,0:1 і 12,8:1) у відповідних шарах ґрунту.

Вміст легкогідролізних сполук азоту у ґрунті знижується від фази весняного кущення пшениці озимої до збирання: у шарах 0–20 см і 20–40 см на 8,9 і 10,1 мг/кг у контролі та на 12,4–14,2 і 11,1–13,2 мг/кг залежно від удобрення, що вказує на високу потребу культури в цьому елементі. Це підтверджує тісний кореляційний зв'язок між урожайністю зерна та вмістом азоту у фазах кушіння ($R = 0,961$) і виходу в трубку ($R = 0,957$).

Максимальний вміст азоту зафіксовано у фазах кущення (62,5 мг/кг у 0–20 см, 55,3 мг/кг у 20–40 см) та повної стиглості (48,3 і 42,3 мг/кг) у варіанті $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + мікродобриво (двічі) на фоні $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг), що забезпечило достовірну різницю при $p \leq 0,05$ відносно інших варіантів у досліді. Внесення N_{120}

(рекомендована доза) та N_{130} (розрахована нормативним методом за виносом основною продукцією) на фоні $1,0 \text{ Нг СаМg(СО}_3)_2$ не спричинило істотних змін щодо вмісту азоту у 0–20 і 20–40 см шарах. Внесення $1,0 \text{ Нг СаСО}_3$ не перевищувало ефективність $\text{СаМg(СО}_3)_2$ щодо вмісту сполук азоту.

Найвищий вміст рухомих сполук фосфору у 0–20 см шарі – 264,6–278,4 мг/кг ґрунту залежно від фази культури встановлено у варіанті $\text{СаМg(СО}_3)_2$ (1,5 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ + МД. За аналогічного удобрення на фоні $1,0 \text{ Нг СаМg(СО}_3)_2$ їх вміст був на 16,4–16,8 мг/кг ґрунту меншим, що вказує на сприятливий вплив підвищеної дози меліоранта на перехід важкодоступних форм фосфору у легкодоступні. Внесення низької дози фосфору у складі дози $N_{130}P_{25}K_{35}$ (нормат. зерно) + МД на фоні $1,0$ дози Нг $\text{СаМg(СО}_3)_2$ хоча і призводило до зменшення вмісту доступних для рослин сполук фосфору у фазу повної стиглості на 7,9 і 9,8 мг/кг ґрунту в орному і підорному шарах порівняно з рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$, проте ця різниця була неістотною при $p \leq 0,05$, що зберігало забезпеченість рухомими формами фосфору на високому рівні. Протягом вегетації вміст рухомих сполук фосфору на час повної стиглості пшениці озимої знизився на 3,7–5,6 у 0–20 см та 4,0–5,2 % у 20–40 см шарі порівняно з фазою весняного кушення.

Вміст рухомих сполук калію у орному шарі ґрунту насамперед варіював залежно від дози калію у системі удобрення пшениці озимої. Найвище значення показника зафіксовано у фазу кушення (81,6 мг/кг ґрунту) та на час повної стиглості (66,5 мг/кг ґрунту) пшениці озимої за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ + МД на фоні $1,0 \text{ Нг СаМg(СО}_3)_2$. На час повної стиглості вміст рухомих сполук калію в ґрунті залежно від варіантів дослідів знизився порівняно з фазою кушення на 17,2–19,8 %. На фоні застосування хімічних меліорантів спостерігалась тенденція до покращення забезпеченості ґрунту рухомими формами калію в межах $НІР_{05}$ дослідів. Кореляційний аналіз підтвердив дуже високий рівень зв'язку ($r = 0,939–0,950$) між урожайністю зерна пшениці озимої та вмістом рухомого калію у ґрунті, що свідчить про ключову роль калійного живлення у підвищенні продуктивності культури на дерново-підзолистих ґрунтах.

Комплексне застосування хімічної меліорації, удобрення, мікродобрива сприяло оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів і її змінам впродовж вегетаційного періоду. Максимальна площа листкової поверхні пшениці озимої сформувалась у фазу виходу в трубку – 7,07–28,39 тис. м²/га. Найвищі параметри у середньому за роки зафіксовані у варіанті Фон + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво. У міжфазний період вихід у трубку – колосіння фотосинтетичний потенціал посівів і чиста продуктивність фотосинтезу також були максимальними в цьому варіанті, досягаючи відповідно 0,64 млн м²-днів/га та 6,48 г/м² за добу. Внесення 1,0 Нг СаMg(CO₃)₂ виявилось ефективнішим за аналогічну дозу СаСО₃ у поєднанні з N₁₂₀P₆₀K₉₀ (рекомендована норма) + мікродобриво, що забезпечило збільшення площі листкової поверхні на 2,1–9,2% залежно від фази розвитку. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні та врожайністю пшениці озимої ($r = 0,96$).

Внесення добрив на фоні хімічних меліорантів суттєво вплинуло на накопичення сухої надземної біомаси пшениці озимої у всіх досліджуваних варіантах. Максимальне накопичення сухої речовини спостерігалось за застосування N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ + мікродобриво (двічі) на фоні доломітового борошна (1,0 Нг), що у фазі кущення становило 0,91 т/га, у фазі виходу в трубку – 4,32 т/га, а в період колосіння – 8,44 т/га. Приріст біомаси порівняно з контролем склав 0,51, 3,21 та 6,47 т/га відповідно. Вміст сухої речовини в рослинах пшениці озимої збільшувався в міру розвитку культури – з 18,4–23,8 % у фазу кущення до 35,2–41,6 % у фазу колосіння залежно від варіанту удобрення.

Середнє сумарне водоспоживання культури за варіантами досліду протягом років досліджень коливалось в межах 3449–3616 м³/га. Найвищі запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см спостерігалися у 2023 році (784 м³/га), а найнижчі – у 2021 році (465 м³/га). На контролі в середньому за три роки витрачалось 1690 м³ води на формування 1 т зерна, що на 43–58 % перевищувало показники удобрених варіантів. Найменший коефіцієнт водоспоживання відзначено при застосуванні розрахункової дози добрив за нормативами виносу елементів живлення на формування зерна і відповідної кількості соломи

(N₁₅₀P₅₀K₁₂₅) із позакореневим підживленням мікродобрином на фоні хімічної меліорації, що обумовлено найвищою врожайністю культури.

Вміст основних елементів живлення в урожаї пшениці озимої та їх накопичення у продукції значною мірою залежали від удобрення, тоді як вплив доз вапнякового матеріалу був менш вираженим. Вміст азоту в зерні коливався в межах 2,38–2,67 %, фосфору – 0,67–0,89 %, калію – 0,50–0,62 % на суху речовину, залежно від варіантів дослідження. Найбільше сумарно з урожаєм зерна і соломи пшениці озимої виносився азот (60,5–162,4 кг/га), далі калій (31,7–96,0 кг/га), а найменше – фосфор (19,4–57,7 кг/га). Максимальне винесення азоту і калію відзначено за внесення N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ + мікродобрино на фоні 1,0 Нг СаМg(СО₃)₂, тоді як фосфору – у варіанті N₁₂₀P₆₀K₉₀ (рекомендована) + мікродобрино на фоні 1,5 Нг СаМg(СО₃)₂. При цьому в середньому у досліді частка винесення азоту та фосфору із зерном від господарського винесення пшеницею озимою становила 81,3 % і 73,2 % відповідно, що зумовлено їхньою роллю у формуванні продуктивності культури. Водночас значна частина калію (68,2 %) залишалася у побічній продукції, що слід враховувати при плануванні живлення наступних культур у сівозміні за її заорювання.

Доведено, що винесення елементів живлення більшою мірою залежить від рівня урожайності ($R = 0,999–0,991$), ніж від їхнього вмісту в рослинах. Тому при плануванні системи удобрення культури доцільно орієнтуватися на потреби культури в поживних елементах для досягнення запланованого рівня урожайності.

Варіювання показників витрат азоту, фосфору та калію на формування одиниці врожаю було незначним ($V > 10$ %), що дозволяє рекомендувати середні значення витрат елементів на формування одиниці врожаю: 31,4 кг N, 10,9 кг P₂O₅, 17,5 кг K₂O на 1 т зерна з відповідною кількістю побічної продукції та 25,4 кг, 8,0 кг і 5,5 кг відповідно на 1 т зерна. Найкращим варіантом за балансовими показниками для вирощування пшениці озимої за умов повернення побічної продукції в ґрунт є застосування розрахункової дози добрив, яка компенсує винос NPK на формування основної продукції (N₁₃₀P₂₅K₃₅), у поєднанні з позакореневим внесенням мікроелементів на фоні 1,0 Нг СаМg(СО₃)₂. Така система удобрення

забезпечує високий рівень інтенсивності балансу калію (130,6 %), запобігає дефіциту азоту (95,7 %) і дозволяє уникнути перенасичення ґрунту рухомими сполуками фосфору (77,7%), що є важливим за високої забезпеченості ними ґрунту.

Найбільш ефективним способом управління продуктивністю пшениці озимої є поєднання хімічної меліорації та удобрення. Найвища врожайність (4,97 т/га) у середньому за 2021-2023 рр. у досліді була досягнута при внесенні добрив у дозі $N_{150}P_{50}K_{125}$ з дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$, що забезпечило приріст урожаю на 143,6% порівняно з контролем. За внесення розрахованої нормативним методом дози на винос елементів основною продукцією (Фон + $N_{130}P_{25}K_{35}$ (нормат. зерно) + мікродобриво) отримане зниження врожайності на 0,14 т/га було статистично незначущим ($p \leq 0,05$) у порівнянні з рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$. Однак, повне виключення фосфору і калію у варіанті Фон + N_{130} + мікродобриво призвело до зниження врожайності на 0,72 т/га, підкреслюючи важливість збалансованого удобрення для підтримки високої продуктивності пшениці.

Найкращі показники структури врожаю, зокрема кількість продуктивних стебел (405 шт./м²), довжина стебла (80,6 см), довжина колоса (8,7 см), кількість зерен у колосі (35,2 шт.) та маса зерна в колосі (1,23 г), було досягнуто при внесенні $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) у поєднанні з удобренням $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобриво. Відсутність фосфору і калію у схемі живлення пшениці озимої призвела до істотного зниження показників структури врожаю пшениці. Проте вид меліорантів ($CaMg(CO_3)_2$ або $CaCO_3$) та доза (1,0 або 1,5 Нг) у поєднанні з $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + мікродобриво не мали істотного впливу на формування показників структури врожаю.

Підвищення якості зерна пшениці озимої від застосування мінеральних добрив на фоні меліорантів було істотним порівняно з контролем і фоном. Однак, хоча найкращі показники якості (маса 1000 зерен, натура, вміст білка та клейковини) були досягнуті при внесенні добрив $N_{150}P_{50}K_{125}$ із дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$, застосування інших доз добрив, видів і доз меліорантів не спричинило суттєвих

змін у якості зерна при $p \leq 0,05$, яке за стандартом відповідало II якості (ДСТУ 3768:2019). Отже, зниження доз добрив до нормативних значень, що відповідають виносу азоту, фосфору та калію основною продукцією, не призводить до втрати якості зерна, що підтверджує ефективність такої системи удобрення.

Основні показники економічної ефективності залежать від співвідношення вартості приросту врожайності та витрат на їх застосування. Найвищий приріст урожайності зерна (2,93 т/га) у дослі за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобриво на фоні 1,0 дози $CaMg(CO_3)_2$ обумовив високу вартість приросту врожаю – 20479,1 грн/га. Однак, збільшення витрат за підвищених доз меліорантів і добрив у досліді не є найбільш економічно окупними. Найвищий умовно чистий прибуток (4306,4 грн/га) був отриманий за внесення на фоні 1,0 дози доломітового борошна $N_{130}P_{25}K_{35}$ + мікродобриво, що підтверджує ефективність застосування добрив у дозах, встановлених нормативним методом на винос елементів живлення на формування врожаю зерна без істотних втрат як урожайності, так і якості зерна порівняно з рекомендованою дозою.

Поєднання різних доз азотних, фосфорних та калійних добрив разом із мікродобривами на фоні хімічних меліорантів призвело до значного підвищення енергетичної ефективності, що підтверджується коефіцієнтом енергетичної ефективності понад 4 одиниці. Це вказує на підвищену енергоощадність запропонованих систем удобрення пшениці озимої за умови вапнування дерново-підзолистого ґрунту Західного Полісся.

Ключові слова: пшениця озима, дози мінеральних добрив, хімічні меліоранти, кислотність, елементи живлення, врожайність, структура врожаю, якість, баланс елементів живлення.

ABSTRACT

Yuvchyk N. O. Optimization of the winter wheat fertilization system on sod-podzolic soils of Western Polissya. – Qualification Scientific Work in the Manuscript Format.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 "Agronomy" (20 - Agricultural Sciences and Food). - National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, 2025.

The thesis provides a theoretical justification for increasing the productivity of winter wheat in Western Polissya by developing practical recommendations for combining fertilisation and liming when growing it on sod-podzolic, cohesive sandy soil. This rationale is based on the results of studies that analyse changes in the physical, chemical and agrochemical properties of the soil, the balance of key nutrients, yields and product quality, which allows us to improve the efficiency of wheat growing technology and optimise the use of resources to ensure stable and high yields.

Under modern farming and market conditions, the cost of fertiliser in the cost structure of winter wheat production can exceed 30 percent. Therefore, the use of outdated recommendations and baseline data for calculating fertiliser doses can lead to reduced efficiency or loss-making. This highlights the need to find more cost-effective and agrochemically balanced methods for determining fertiliser doses and selecting the most effective chemical ameliorants to improve soil properties.

The scientific novelty of the obtained results lies in solving scientific and applied problems and identifying general patterns of winter wheat productivity formation on sod-podzolic soil by improving fertilisation systems and chemical reclamation. For the first time in the Western Polissya of Ukraine, an agrochemical and economic assessment of the use of mineral fertilizers for winter wheat on sod-podzolic, cohesive sandy soil was carried out using different methods: recommended, calculated for a given yield by the removal of nutrients by grain, as well as by grain and the corresponding amount of by-products, taking into account the degree of soil supply. The advantages of using dolomite flour as a chemical ameliorant over lime flour have been established.

Without additional amelioration (control), the soil was characterised by a strongly acidic reaction (pH 4.12) and was unsuitable for growing winter wheat. Against the background of the dose of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh), established by hydrolytic acidity, depending on the fertilizer options, the exchangeable acidity of the soil solution (pH_{KCl}) varied on average over the years of research within 5.64-5.74 units. Increasing the dose of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ to 1.5 Hh reduced the acidity to pH_{KCl} 6.26. Against the background of the use of lime flour (1.0 by Ng), the pH_{KCl} of the soil solution was 6.03, i.e. CaCO_3 showed a slightly better neutralising ability compared to $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Liming with dolomite flour contributed to an increase in the content of calcium and magnesium relative to the control in both the arable and subsoil layers of sod-podzolic soil. Under different fertilisation systems against the background of 1.0 and 1.5 doses of Hh $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, the Ca:Mg ratio was optimal - 2.99-3.18 in the 0-20 cm layer, 2.98-3.55 in the 20-40 cm layer, while the use of 1.0 dose of Hh CaCO_3 as a meliorant led to an expanded ratio of elements (11.0:1 and 12.8:1) in the corresponding soil layers.

The content of easily hydrolysable nitrogen compounds in the soil decreases from the spring tillering phase of winter wheat to harvesting: in the 0-20 cm and 20-40 cm layers by 8.9 and 10.1 mg/kg in the control and by 12.4-14.2 and 11.1-13.2 mg/kg depending on the fertiliser, indicating a high demand for this element. This confirms the close correlation between grain yield and nitrogen content in the tillering ($R = 0.961$) and stem elongation ($R = 0.957$) phases.

The maximum nitrogen content was recorded in the phases of tillering (62.5 mg/kg at 0-20 cm, 55.3 mg/kg at 20-40 cm) and full ripeness (48.3 and 42, 3 mg/kg) in the variant $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + microfertiliser (twice) against the background of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh), which provided a significant difference at $p \leq 0.05$ relative to other variants in the experiment. The application of N_{120} (recommended dose) and N_{130} (calculated by the normative method by the removal of the main products) against the background of 1.0 Hh $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ did not cause significant changes in the nitrogen content in the 0-20 and 20-40 cm layers. The application of 1.0 Hh CaCO_3 did not exceed the effectiveness of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ on the content of nitrogen compounds.

The highest content of mobile phosphorus compounds in the 0-20 cm layer - 264.6-278.4 mg/kg of soil, depending on the phase of culture, was found in the variant $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.5 Hh) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ + MF. With a similar fertiliser on the background of 1.0 Hh $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, their content was 16.4-16.8 mg/kg soil less, indicating a favourable effect of the increased dose of ameliorant on the transition of hard-to-reach forms of phosphorus to easily accessible ones. The introduction of a low dose of phosphorus as part of the dose of $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ (norm. grain) + MF against the background of 1.0 dose of Hh $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, although it led to a decrease in the content of phosphorus compounds available to plants in the phase of full ripeness by 7.9 and 9.8 mg/kg of soil in the tilth and subsoil layers compared to the recommended dose of $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, this difference was insignificant at $p \leq 0.05$, which kept the availability of mobile forms of phosphorus at a high level. During the growing season, the content of mobile phosphorus compounds at the time of full maturity of winter wheat decreased by 3.7-5.6 in 0-20 cm and 4.0-5.2% in 20-40 cm layer compared to the spring tillering phase.

The content of mobile potassium compounds in the topsoil primarily varied depending on the dose of potassium in the winter wheat fertilisation system. The highest value was recorded in the tillering phase (81.6 mg/kg soil) and at the time of full ripeness (66.5 mg/kg soil) of winter wheat under $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + MF on the background of 1.0 Hh $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. At the time of full ripeness, the content of mobile potassium compounds in the soil, depending on the variants of the experiment, decreased by 17.2-19.8% compared to the tillering phase. Against the background of the use of chemical ameliorants, there was a tendency to improve the supply of soil with mobile forms of potassium within the NIR_{05} experiment. The correlation analysis confirmed a very high level of correlation ($r = 0.939-0.950$) between winter wheat grain yield and the content of mobile potassium in the soil, which indicates the key role of potassium nutrition in increasing crop productivity on sod-podzolic soils.

The complex application of chemical reclamation, fertilisation, and microfertilisers contributed to the optimisation of photosynthetic activity of crops and its changes during the growing season. The maximum leaf surface area of winter wheat was formed in the phase of stem elongation - 7.07-28.39 thousand m^2/ha . The highest parameters on average

over the years were recorded in the variant Background + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (standard grain and straw) + microfertiliser. In the interphase between the stem elongation-heading period, the photosynthetic potential of crops and net photosynthetic productivity were also maximum in this variant, reaching 0.64 million m²-days/ha and 6.48 g/m² per day, respectively. The introduction of 1.0 Hh CaMg(CO₃)₂ was more effective than a similar dose of CaCO₃ in combination with N₁₂₀P₆₀K₉₀ (recommended rate) + microfertiliser, which provided an increase in leaf surface area by 2.1-9.2% depending on the developmental stage. A close correlation between leaf area and yield of winter wheat was established ($r = 0.96$).

Fertiliser application on the background of chemical ameliorants significantly affected the accumulation of dry aboveground biomass of winter wheat in all studied variants. The maximum accumulation of dry matter was observed with the use of N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ + microfertiliser (twice) on the background of dolomite flour (1.0 Hh), which was 0.91 t/ha in the tillering phase, 4.32 t/ha in the earing phase, and 8.44 t/ha in the earing period. The increase in biomass compared to the control was 0.51, 3.21 and 6.47 t/ha, respectively. The dry matter content of winter wheat plants increased with the development of the crop - from 18.4-23.8% in the tillering phase to 35.2-41.6% in the heading phase, depending on the fertiliser variant.

The average total water consumption of the crop by the experimental variants during the years of research ranged from 3449-3616 m³/ha. The highest reserves of productive moisture in the 0-100 cm soil layer were observed in 2023 (784 m³/ha), and the lowest in 2021 (465 m³/ha). On average, over three years, 1,690 m³ of water was used to produce 1 tonne of grain, which was 43–58% higher than the figures for fertilised variants. The lowest water consumption coefficient was observed when applying the calculated dose of fertiliser according to the norms of nutrient removal for grain formation and the corresponding amount of straw (N₁₅₀P₅₀K₁₂₅) with foliar fertilisation against the background of chemical reclamation, which is due to the highest crop yield.

The content of the main nutrients in the winter wheat crop and their accumulation in the products depended largely on fertilisation, while the effect of limestone material doses was less pronounced. The content of nitrogen in the grain ranged from 2.38-2.67%,

phosphorus - 0.67-0.89%, potassium - 0.50-0.62% on a dry matter basis, depending on the research variants. Nitrogen (60.5-162.4 kg/ha) was removed most of all with the harvest of grain and straw of winter wheat, followed by potassium (31.7-96.0 kg/ha), and phosphorus (19.4-57.7 kg/ha). The maximum removal of nitrogen and potassium was observed when $N_{150}P_{50}K_{125}$ + microfertiliser was applied against a background of 1.0 Hh $CaMg(CO_3)_2$, while phosphorus was recorded in the variant $N_{120}P_{60}K_{90}$ (recommended) + microfertiliser against a background of 1.5 Hh $CaMg(CO_3)_2$. On average, in the experiment, the share of nitrogen and phosphorus removal with grain from the economic removal by winter wheat was 81.3% and 73.2%, respectively, due to their role in the formation of crop productivity. At the same time, a significant portion of potassium (68.2%) remained in the by-products, which should be taken into account when planning the nutrition of subsequent crops in the crop rotation when ploughing it.

It has been proven that the removal of nutrients depends more on the level of yield ($R = 0.999-0.991$) than on their content in plants. Therefore, when planning a fertilisation system for a crop, it is advisable to focus on the crop's needs for nutrients to achieve the planned yield level.

The variation in the consumption of nitrogen, phosphorus and potassium per unit of yield was insignificant ($V > 10\%$), which allows us to recommend average values of the consumption of elements per unit of yield: 31.4 kg N, 10.9 kg P_2O_5 , 17.5 kg K_2O per 1 tonne of grain with the corresponding amount of by-products and 25.4 kg, 8.0 kg and 5.5 kg respectively per 1 tonne of grain. The best option in terms of balance indicators for growing winter wheat under the conditions of returning by-products to the soil is the use of a calculated dose of fertiliser that compensates for the removal of NPK for the formation of the main product ($N_{130}P_{25}K_{35}$), combined with foliar application of trace elements on the background of 1.0 Hh $CaMg(CO_3)_2$. This fertilisation system ensures a high level of potassium balance (130.6%), prevents nitrogen deficiency (95.7%) and avoids soil oversaturation with mobile phosphorus compounds (77.7%), which is important when the soil has a high content of these compounds.

The most effective way to manage the productivity of winter wheat is to combine chemical amelioration and fertilisation. The highest yield (4.97 t/ha) on average for 2021-

2023 in the experiment was achieved when fertilising at a dose of $N_{150}P_{50}K_{125}$ with two foliar fertilisation with microfertiliser against a background of 1.0 Hh $CaMg(CO_3)_2$, which provided a yield increase of 143.6% compared to the control. When applying the dose of elements calculated by the regulatory method to the main product (Background + $N_{130}P_{25}K_{35}$ + microfertiliser), the resulting yield reduction of 0.14 t/ha was statistically insignificant ($p \leq 0.05$) compared to the recommended dose of $N_{120}P_{60}K_{90}$. However, the complete exclusion of phosphorus and potassium in the variant Fon + N_{130} (normal grain) + microfertiliser resulted in a 0.72 t/ha yield reduction, highlighting the importance of balanced fertilisation to maintain high wheat productivity.

The best indicators of the yield structure, including the number of productive stems (405 pcs./m²), stem length (80.6 cm), ear length (8.7 cm), number of grains per ear (35.2 pcs.) and grain weight per ear (1.23 g), were achieved by applying $CaMg(CO_3)_2$ (1.0 Hh) in combination with $N_{150}P_{50}K_{125}$ + microfertiliser. The absence of phosphorus and potassium in the nutrition scheme of winter wheat led to a significant decrease in the structure of the wheat yield. However, the type of ameliorants ($CaMg(CO_3)_2$ or $CaCO_3$) and the norm (1.0 or 1.5 Hh) in combination with $N_{120}P_{60}K_{90}$ (rec.) + microfertiliser did not have a significant effect on the formation of crop structure indicators.

The improvement of wheat grain quality from winter application of mineral fertilisers on the background of ameliorants was significant compared to the control and background. However, although the best quality indicators (weight of 1000 grains, natural weight, protein and gluten content) were achieved when fertilising with $N_{150}P_{50}K_{125}$ with two foliar fertilisation with microfertiliser on the background of 1, 0 Hh $CaMg(CO_3)_2$, the use of other doses of fertilizers, types and doses of ameliorants did not cause significant changes in grain quality at $p \leq 0.05$, which according to the standard corresponded to the second quality (DSTU 3768: 2019). Thus, reducing fertiliser doses to the standard values corresponding to the removal of nitrogen, phosphorus and potassium by the main products does not lead to a loss of grain quality, which confirms the effectiveness of such a fertilisation system.

The main indicators of economic efficiency depend on the ratio of the cost of yield increase and the cost of their application. The highest increase in grain yield (2.93 t/ha)

in the experiment $N_{150}P_{50}K_{125}$ + microfertiliser against the background of 1.0 dose of $CaMg(CO_3)_2$ resulted in a high cost of yield increase - 20479.1 UAH/ha. However, the increase in costs with increased doses of ameliorants and fertilisers in the experiment is not the most economically viable. The highest conditional net profit (4306.4 UAH/ha) was obtained by applying 1.0 dose of dolomite flour $N_{130}P_{25}K_{35}$ + microfertiliser against the background of 1.0 dose of dolomite flour, which confirms the effectiveness of fertiliser application in doses established by the regulatory method for the removal of nutrients for the formation of grain yield without significant losses in both yield and grain quality compared to the recommended dose.

The combination of different doses of nitrogen, phosphorus and potassium fertilisers together with microfertilisers against the background of chemical ameliorants led to a significant increase in energy efficiency, which is confirmed by the energy efficiency coefficient of more than 4 units. This indicates the increased energy efficiency of the proposed fertilisation systems for winter wheat under the condition of liming the sod-podzolic soil of Western Polissya.

Keywords: winter wheat, doses of mineral fertilizers, chemical ameliorants, acidity, nutrients, yield, crop structure, quality, balance of nutrients.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

1. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Поживний режим провапнованого дерново-підзолистого ґрунту за різних доз мінерального удобрення пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2024. № 22. С. 118–124. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.19>. (Особистий внесок здобувача: взято участь у закладці та проведенні польових та агрохімічних досліджень, здійснено аналіз вмісту поживних елементів в ґрунті упродовж вегетації культури). (0,29 д.а., з них 0,15 д.а. належать автору).

2. Польовий В. М., Ювчик Н. О. Ефективність удобрення пшениці озимої на різних фонах хімічних меліорантів в умовах Західного Полісся. *Вісник*

Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2024. Вип. 1 (105). С. 144–155. URI: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/30061>. (*Особистий внесок здобувача: здійснено аналіз експериментальних даних, наукових публікацій*). (0,5 д.а., з них 0,25 д.а. належать автору).

3. Ювчик Н. О. Фотосинтетична діяльність пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 1. С. 184–189. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0275>. (0,25 д.а.).

4. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Агрофізичні показники дерново-підзолистого ґрунту за вирощування пшениці озимої у Західному Поліссі. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина друга. С. 170–177. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.23>. (*Особистий внесок здобувача: здійснено аналіз запасів доступної вологи*). (0,33 д.а., з них 0,2 д.а. належать автору).

5. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Формування врожаю та якості зерна пшениці озимої за мінерального живлення та вапнування на дерново-підзолистому ґрунті. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. С. 184–190. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.23>. (*Особистий внесок здобувача: взято участь у проведенні польових та агрохімічних досліджень, здійснено аналіз наукових публікацій*). (0,29 д.а., з них 0,14 д.а. належать автору).

6. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Винос та баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 180–186. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.25>. (*Особистий внесок здобувача: розраховано винесення основних елементів живлення пшеницею озимою*). (0,29 д.а., з них 0,14 д.а. належать автору).

Матеріали науково-практичних конференцій

1. Ювчик Н. О. Формування морфобіометричних елементів пшениці озимої залежно від удобрення та застосування меліорантів. *Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування* : матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Україна, м. Рівне, 4-5 листопада 2021 р.).

[Електронне видання]. Рівне : НУВГП. 2021. С. 161–164. URL: <https://surl.li/elgxdj> (0,13 д.а.).

2. Ювчик Н. О. Урожайність пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування* : матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з Дня народження професора С. Т. Вознюка (Україна, м. Рівне, 29-30 вересня 2022 р.). Рівне : НУВГП. 2023. С. 105–107. (0,08 д.а.).

3. Ювчик Н. О. Водоспоживання пшениці озимої за різних видів удобрення та хімічної меліорації в умовах Західного Полісся. *Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні та Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 21–23. URL: <https://salو.li/c8eB0A0>. (0,17 д.а.).

4. Польовий В. М., Ювчик Н. О. Оптимізація удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. *Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні та Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 6–9. URL: <https://salو.li/c8eB0A0>. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних). (0,17 д.а., з них 0,07 д.а. належать автору).

5. Ювчик Н. О. Формування фотосинтетичної продуктивності пшениці озимої за різних систем удобрення на дерново-підзолистому ґрунті. Матеріали Міжнародної наукової конференції: *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство*, присвяченої 120-річчю від дня народження Григорія Андрущенка. 24-26 квітня 2023. Дубляни-Львів. С. 201–203. URL: <https://salو.li/cB04942>. (0,13 д.а.).

6. Ювчик Н. О. Потенційна кислотність дерново-підзолистого ґрунту за вирощування пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференцій: *Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні та Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С.32–35. URL:http://www.isg.rv.ua/images/files/konferen/2023/materialy_konferencii_23_st.pdf (0,13 д.а.).

7. Ювчик Н. О. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від різних доз мінерального удобрення та хімічних меліорантів. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. 2024. С. 404–407. (0,17 д.а.).

8. Польовий В. М., Ювчик Н. О. Вплив мінеральних добрив та хімічних меліорантів на вміст елементів живлення в основній і побічній продукції рослин пшениці озимої. *Інноваційні шляхи розвитку землеробства в сучасних умовах*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 4 липня 2024. с. Шубків. С. 32–34. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних). (0,13 д.а., з нах 0,06 д.а. належать автору).

9. Ювчик Н. О., Литвиненко В. Р. Урожайність пшениці озимої за різних способів визначення норм добрив на фоні хімічних меліорантів. *Поєднання професійних підходів агронома та агроінженера у вирішенні сучасних проблем агровиробництва*: збірник тез I Міжкафедральної науково-практичної конференції м. Рівне, 16–17 травня 2024 р., м. Рівне: НУВГП. 2024. С. 37–41. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних). (0,21 д.а., з нах 0,13 д.а. належать автору).

10. Volodymyr Polovyi, Liudmyla Yashchenko, Nadia Yuvchyk. Winter wheat quality and economic viability of different mineral fertilizer rates on limed retisol. I International Scientific and Practical Conference «*ONE WORLD – ONE HEALTH*». 4-5 June 2024. Słupsk Poland. P. 161–166. URL: <https://salo.li/f1b4C23>. (Особистий

внесок здобувача: проведено аналіз даних). (0,25 д.а., з них 0,08 д.а. належать автору).

11. Ювчик Н. О., Литвиненко В. Р. Баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої в умовах Західного Полісся. *Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (9-10 квітня 2025 р.).* Рівне. 2025. С. 63–64. URL: <https://surl.li/vzfncc>. *(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних).* (0,08 д.а., з них 0,04 д.а. належать автору).

12. Ювчик Н. О. Співвідношення макроелементів в основній і побічній продукції за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. *Сучасні інноваційні тенденції розвитку землеробства: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.* 11 червня 2025. с. Шубків. С. 185–187. (0,13 д.а.).

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	22
ВСТУП	23
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (огляд літературних джерел)	29
1.1 Живлення пшениці озимої залежно від удобрення і кислотності ґрунту	29
1.2 Оптимізація фізико-хімічних властивостей ґрунту за дії хімічних меліорантів і удобрення	38
1.3 Врожайність і якість зерна пшениці озимої залежно від удобрення і кислотності ґрунту	44
Висновки до розділу 1	47
РОЗДІЛ 2 УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови	49
2.2 Методика проведення досліджень	53
РОЗДІЛ 3 ФОРМУВАННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ	57
3.1 Зміна кислотності дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення та вапнування	57
3.2 Вміст обмінного кальцію і магнію в провапнованому дерново- підзолистому ґрунті залежно від удобрення	60
3.3 Вміст легкогідролізних сполук азоту у ґрунті залежно від удобрення і вапнування	65
3.4 Вміст рухомих сполук фосфору в дерново- підзолистому ґрунті залежно від удобрення і вапнування	71
3.5 Вміст рухомого калію в дерново- підзолистому ґрунті залежно від удобрення і вапнування	75
Висновки до розділу 3	80
РОЗДІЛ 4 ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВОДОСПОЖИВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	83
4.1 Фотосинтетична діяльність пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування	83
4.2 Вплив мінерального живлення та хімічних меліорантів на динаміку наростання сухої речовини	89
4.3 Водоспоживання пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування	94
Висновки до розділу 4	99
РОЗДІЛ 5 ВМІСТ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ ҐРУНТУ	101

5.1	Вміст основних елементів живлення у рослинах пшениці озимої залежно від удобрення та хімічних меліорантів	101
5.2	Нормативні показники виносу азоту, фосфору і калію одиницею урожаю пшениці озимої у досліді	110
5.3	Баланс елементів живлення у ґрунті	113
	Висновки до розділу 5	117
РОЗДІЛ 6	ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ	119
6.1	Врожайність пшениці озимої залежно від удобрення та хімічних меліорантів	119
6.2	Вплив удобрення та вапнування на показники структури врожаю пшениці озимої	122
6.3	Якість зерна пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування	127
	Висновки до розділу 6	130
РОЗДІЛ 7	ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ	132
	Висновки до розділу 7	136
	ВИСНОВКИ	137
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	139
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	140
	ДОДАТКИ	175

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

pH_{KCl} – обмінна кислотність;
 H_g – гідролітична кислотність;
 $CaCO_3$ – карбонат кальцію;
 $CaMg(CO_3)_2$ – карбонат магнію-кальцію;
р. – рік;
рр. – роки;
т – тонна;
т/га – тонн з гектара;
га – гектар;
грн – гривні;
мг/екв – міліграм на еквівалент ;
% - відсотки;
тис. м²/га – тисяч метрів квадратних з 1 гектара;
ФП – фотосинтетичний потенціал посіву;
ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу;
П – площа листової поверхні;
ГДж – гігаджоуль;
табл. – таблиця;
рис. – рисунок;
N – азот легкогідролізований;
 P_2O_5 – рухомий фосфор;
 K_2O – рухомий калій;
 HP_{05} – найменша істотна різниця за 5 % рівня значимості;
r – коефіцієнт кореляційної залежності (парний);
 R^2 – множинний коефіцієнт детермінації;
V, % – коефіцієнт варіації (показник мінливості числового ряду);
SD – стандартне відхилення

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Основу продовольчої безпеки України становить продуктивність сільськогосподарських культур, серед яких пшениця озима є однією із провідних. Проте величина урожайності і якості її зерна при вирощуванні на ґрунтах зони Полісся обмежується, в першу чергу, низьким рівнем їх родючості, зокрема високою кислотністю реакції ґрунтового розчину. Це призводить до зниження продуктивності такої інтенсивної культури як пшениця та загальної ефективності землеробства. Основним заходом підвищення і стабілізації продуктивності пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся є використання науково-обґрунтованих доз мінеральних добрив у поєднанні із засобами хімічної меліорації. Дослідженнями Мазура Г.Е., Трускавецького Р.С., Ткаченка М.А., Польового В.М., Клименка М.О. та інших українських і іноземних дослідників показано ефективний вплив вапнування на родючість ґрунтів та продуктивність культур. Вагомий внесок у розроблення сучасних систем удобрення пшениці озимої зробили Господаренко Г.М., Лихочвор В.В., Каленська С.М. та інші вчені.

Однак, нестабільність цін на отриману продукцію і засоби її виробництва у сучасних умовах потребують пошуку шляхів отримання стабільно високих урожаїв за економії ресурсів. Тому актуальними є дослідження щодо ефективності різних методів встановлення доз мінеральних добрив для пшениці озимої з метою визначення найбільш економічно обґрунтованих та екологічно збалансованих. На низькородючих ґрунтах Полісся вирощування пшениці озимої можливе лиш за попереднього їх вапнування, що обумовлює важливість дослідження ефективності різних видів і доз хімічних меліорантів у комплексі з макро і мікродобривами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основу дисертації становлять матеріали: науково-дослідної роботи Інституту сільського господарства Західного Полісся, яка входила до складу ПНД 2 НААН «Система землеробства і землекористування» у 2021-2023 рр. за завданням «Розробити наукові основи ефективності проведення агрохімічних заходів відтворення

родючості дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся» (номер державної реєстрації 0121U108408, угода № 5/02 від 15.02.2021); науково-дослідної роботи Національного університету водного господарства та природокористування «Моніторинг стану та еволюції ґрунтового покриву північно-західного регіону України та адаптація сучасних систем землеробства до вимог збалансованого природокористування (номер державної реєстрації 0119U000583) (довідка № 13Н-25 від 24.10.2025).

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягала у оптимізації системи удобрення пшениці озимої для підвищення її продуктивності на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

- дослідити вплив доз мінеральних добрив, встановлених різними методами на фоні різних доз і видів хімічних меліорантів на поживний режим і фізико-хімічні властивості дерново-підзолистого зв'язнопіщаного ґрунту за вирощування пшениці озимої;

- з'ясувати особливості впливу доз мінеральних добрив, встановлених різними методами на фоні різних доз і видів хімічних меліорантів на фотосинтетичну ефективність та водоспоживання пшениці озимої;

- встановити винос та баланс основних елементів живлення пшеницею озимою залежно від доз мінеральних добрив встановлених різними методами на фоні різних доз і видів хімічних меліорантів;

- встановити вплив доз мінеральних добрив, встановлених різними методами та різних доз і видів хімічних меліорантів на врожайність пшениці озимої, структуру врожаю та якість зерна.

- провести економічну та енергетичну оцінку ефективності застосування доз мінеральних добрив, визначених різними методами, на фоні різних доз і видів хімічних меліорантів при вирощуванні пшениці озимої.

Об'єкт досліджень – процеси формування врожайності пшениці озимої та ефективності її вирощування за трансформації агрохімічних параметрів ґрунту під дією різних доз мінеральних добрив та видів і доз хімічних меліорантів.

Предмет дослідження – динаміка вмісту елементів живлення у ґрунті і рослинах пшениці озимої, зміна фізико-хімічних показників ґрунту, урожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

Методи досліджень. Польовий метод - визначення морфолого-біометричних параметрів рослин, структурних елементів урожайності, облік урожайності зерна і соломи, відбирання зразків ґрунту та рослин; лабораторний – підготовка та аналізування ґрунтових та рослинних зразків, визначення вмісту основних елементів живлення, показників якості зерна (білок, клейковина, натурна маса); вимірювально-ваговий – для визначення сухої речовини, площі листової поверхні, маси 1000 зерен; обчислення – розрахунок показників винесення та балансу елементів живлення, фотосинтетичного потенціалу, економічної та енергетичної ефективності; інформаційний - огляд досліджуваних заходів у науковій літературі, оброблення і поширення наукової інформації; математично-статистичний - для визначення достовірності отриманих результатів досліджень, кореляційний і регресійний аналіз. Хімічні та фізико-хімічні аналізи проводили стандартизованими і загальноприйнятими методами з використанням сертифікованих приладів в атестованій лабораторії масових аналізів Інституту сільського господарства Західного Полісся (№ 12 від 28.03.2023 року).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні науково-прикладних завдань та виявленні загальних закономірностей формування продуктивності пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті шляхом удосконалення систем удобрення та проведення хімічної меліорації.

Основні положення, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи та характеризують особистий внесок аквтора, полягають у такому:

вперше:

- в умовах Західного Полісся України проведено порівняльну оцінку впливу доз мінеральних добрив, визначених різними методами на фоні застосування різних доз і видів хімічних меліорантів на поживний режим і фізико-хімічні властивості дерново-підзолистого зв'язнопіщаного ґрунту за вирощування пшениці озимої;

- встановлено особливості формування врожайності, структури та якості зерна пшениці озимої за різних методів визначення доз мінеральних добрив у поєднанні з хімічними меліорантами на дерново-підзолистих ґрунтах;

- проведено комплексну економічну та енергетичну оцінку застосування доз мінеральних добрив, визначених різними методами, у поєднанні з різними дозами і видами хімічних меліорантів для вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся.

удосконалено:

- підхід до регулювання фотосинтетичної діяльності та водоспоживання пшениці озимої шляхом оптимізації доз мінеральних добрив, визначених різними методами, у поєднанні з різними дозами і видами хімічних меліорантів.

набуло подальшого розвитку:

- наукове обґрунтування ефективності застосування доломітового борошна як меліоранта перед вапняним;

- визначення показників витрат елементів живлення на формування одиниці врожаю пшениці озимої залежно від доз мінеральних добрив, визначених різними методами на фоні різних доз і видів хімічних меліорантів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробленні науково-обґрунтованих складових системи удобрення пшениці озимої, зокрема: хімічну меліорацію ґрунту доломітовим борошном і застосування мінеральних добрив у нормах, розрахованих за нормативами виносу елементів живлення запланованим врожаєм зерна у комплексі з дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом.

Основні результати дослідження впроваджено в ФГ «МП-Агро» с. Немовичі Сарненського району Рівненської області на площі 50 га (акт від 22.11.2024), в с. Селець Сарненського району Рівненської області на площі 30 га (акт від 22.11.2024).

Теоретичні та науково-методичні напрацювання дотсерації використовуються в навчальному процесі Національного університету водного господарства та природокористування під час викладання дисциплін «Основи

агрономії та технології вирощування сільськогосподарських культур», «Агрохімія», «Система застосування добрив» (довідка № 011-14 від 14.10.2025).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, що виносяться на захист дисертації, отримано в процесі науково-дослідної роботи здобувача. Особистий внесок полягає у формуванні мети і завдань досліджень, узагальненні відомостей з наукової літератури, виконанні польових і лабораторних досліджень, аналізі та статистичній обробці отриманих результатів, розрахунках економічної ефективності, підготуванні матеріалів під час написання наукових праць, а також у формуванні висновків і пропозицій виробництву та їх практичному випробуванні. Публікації за темою дисертації підготовлено одноосібно та в співавторстві, де здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок.

Апробація результатів дисертації. Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на наукових конференціях: Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування» (Рівне, 2021), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з Дня народження професора С. Т. Вознюка «Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування проблеми» (Рівне, 2023), Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні» та «Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості» (Рівне, 2023), Міжнародній науковій конференції «Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство» (Дубляни-Львів, 2023), Науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки» (Рівне, 2024), Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні шляхи розвитку землеробства в сучасних умовах» (Рівне, 2024), The I International Scientific and Practical Conference «One world – one health» (Poland, 2024), Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті» (Рівне, 2025), Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні інноваційні тенденції розвитку землеробства» (Рівне, 2025).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 18 наукових працях обсягом 4,99 д.а. (2,45 д.а. належить особисто автору), з яких 6 статей у фахових виданнях України і 12 праць у матеріалах науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 198 сторінках комп'ютерного набору, в тому числі 139 – основного тексту, що включає вступ, сім розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел, додатки. Містить 26 таблиць, 10 рисунків і 19 додатки (таблиці, відомості про апробацію результатів дисертації). Список використаних джерел включає 329 найменувань, з яких 70 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)

1.1. Живлення пшениці озимої залежно від удобрення і кислотності ґрунту

Мінеральне живлення будь якої культури, зокрема і пшениці, залежить від наявності в ґрунті доступних, рухомих форм макро- і мікроелементів, інтенсивності споживання кожного елемента в одиницю часу, і співвідношення використовуваних рослиною елементів протягом вегетації. Причому більшість учених і практиків стверджують, що співвідношення елементів мінерального живлення рослини у більшій мірі впливає на її ріст, розвиток і продуктивність, а ніж їх концентрація [15; 21; 197].

В умовах інтенсивного землеробства добривам належить 30% вкладу в формування врожайності, тоді як в екстенсивному – лише 10% [216]. На сьогодні роль мінеральних добрив відчутно зросла у зв'язку з недостатнім застосуванням органічних [47]. За твердженням Десятника М. М. внесення добрив – це не тільки спосіб регулювання живлення рослин, але й можливість покращення властивостей ґрунту і додержання балансу речовин в ньому [52]. Умови мінерального живлення, впливаючи на хімічний склад рослин і регулюючи обмінні процеси, вважаються важливими факторами формування врожаю [72].

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 [30]. Реалізовувати потенціал сорту чи гібриду слід не лише 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 [37].

Майже на всіх ґрунтах пшениця потребує сумісного застосування азотних, фосфорних і калійних добрив, але в різних співвідношеннях, тобто для одержання високих і сталих урожаїв зерна пшениці озимої відповідної якості, необхідне збалансоване мінеральне (азот, фосфор, калій) живлення рослин [127].

Пшениця використовує в середньому в два рази більше азоту, ніж фосфору і, приблизно, таку ж кількість калію незалежно від попередника [140; 317]. За результатами досліджень Шевчука М. Й. та Веремеєнка С. І. відсоток впливу окремих елементів добрив у прирості врожаю зернових культур для зони Полісся становить: N - 43-64, P_2O_5 - 23-34, K_2O - 17-25 відсотка [228].

Встановлено [44; 99; 221], що для визначення дози внесення мінеральних добрив під пшеницю озиму, а також співвідношення в них елементів живлення необхідно також враховувати агрохімічний винос поживних речовин з урожаєм. За даними ряду досліджень, різниця за виносом NPK на 1 т зерна різними сортами пшениці озимої коливається в межах від 6,5% до 16% [269]. Вчені відмітили [6; 84; 96; 264], що на формування врожайності 1 т зерна рослини пшениці озимої виносять з ґрунту 25-35 кг азоту, 11-13 – P_2O_5 і 20-27 кг K_2O . У дослідженнях інших учених [304] дані показники дещо нижчі і становили N–22,9 кг, P_2O_5 – 6,74, K_2O – 15,2 кг.

На теперішній час дуже важливо запроваджувати заходи не лише щодо підвищення врожайності сільськогосподарських культур, але й зниження собівартості, тобто збільшувати виробництво конкурентноспроможної продукції [315]. Тому необхідно максимально задіювати маловитратні прийоми в агротехнологіях вирощування. Встановлено [287], що за систематичного застосування добрив, одержання високої врожайності сільськогосподарських культур можливе за внесення значно менших доз, що пояснюється післядією добрив, внесених під попередні культури сівозміни.

Важливою особливістю ведення землеробства в Україні в останні десятиліття є використання удобрення майже усієї побічної продукції, що обумовило значне

зменшення загального виносу елементів живлення. Теоретично це створює передумови для зниження норм мінеральних добрив під сільськогосподарські культури за рахунок використання в розрахунках показників лише господарського виносу. Проте такі підходи потребують детального вивчення у польових дослідках.

На формування продуктивності зернових культур елементи живлення впливають по різному. Доведено, що азот є основним лімітуючим елементом живлення [65; 83; 89; 101; 153; 158; 186; 223]. Результати багатьох дослідників підтверджують високу ефективність застосування азотних добрив під зернові культури порівняно з фосфорно-калійними добривами [256]. Інші дослідники наголошують на необхідності повного мінерального живлення сільськогосподарських культур. Зокрема, Брар та ін. повідомили про повну деградацію ґрунту на ділянках, оброблених лише азотом протягом певного періоду часу, що призвело до нульової врожайності у сівозміні кукурудза–пшениця озима [261]. Азотне живлення повинно бути збалансованим з вмістом рухомих сполук фосфору та калію у ґрунті [142].

Дослідженнями, проведеними вченими Аргентинського університету фізіології рослин, встановлено, що вміст азоту в ґрунті і рослинах, його поглинання і характер розподілення у фазі повної стиглості істотно залежать від доз азотних добрив, що вносяться [253]. Коефіцієнт використання азоту з мінеральних добрив становить до 60 %, але він змінюється залежно від багатьох чинників: форми, норми, способів та строків їх внесення. Під впливом азотних добрив рухомість азоту ґрунту зростає, в результаті чого підвищується його доступність рослинам [210]. Серед мінеральних сполук азоту головне значення у живленні рослин відіграють нітратний та амонійний азот ґрунтового розчину або колоїдів.

Рослини пшениці озимої повинні бути забезпечені азотом постійно і в достатній кількості впродовж усієї вегетації [59]. Значення азоту посилюється ще й тому, що безповоротні втрати його мінеральних сполук з ґрунту через вимивання та біологічне відновлення бувають досить значними [51; 70; 86; 170]. Значно зменшуються ці втрати за рахунок збагачення ґрунтів фосфором і калієм,

поєднання мінеральних добрив з органічними, оптимізації строків і способів їх внесення, застосування інгібіторів нітрифікації [143].

При нестачі азоту рослини погано ростуть і розвиваються, що призводить до формування низького врожаю з незадовільними показниками якості [107; 242]. Регулюванням азотного живлення, яке сприяє розвитку вегетативних органів, можна значно підвищити продуктивність рослин [128]. За даними науковців, основна частка азотистих речовин (65-70%) надходить в зерно із вегетативних органів, а решта 30-35% - за рахунок поглинання азоту з ґрунту та транслокації з кореневої системи [318].

Аналіз зарубіжних і вітчизняних літературних даних показує, що азотні добрива підвищують урожайність пшениці, при цьому ефективність добрив зростає тільки до норми 100-150 кг/га азоту [64; 263], застосування високих норм азоту (180-240 кг/га) виявилось неефективним, що призводить до істотного зниження врожаю та погіршення його якості [71; 224; 241]. Також відомо, що дуже високі дози азотних добрив можуть забруднювати навколишнє природне середовище не використаною рослинами діючою речовиною [146]. Тому важливою умовою при застосуванні азотних добрив є урахування його балансу.

Зазвичай розрізняють чотири строки внесення азотних добрив під пшеницю озиму: основне і підживлення — ранньовесняне, у фазу виходу рослин у трубку, позакореневе (у фазу колосіння) [154]. Але зазвичай підживлення на достатньому агрофоні проводять двічі, а на низькому – тричі.

Визначаючи строки та дози внесення азоту у весняне підживлення, враховують стан пшениці після перезимівлі та час відновлення вегетації, запаси мінерального азоту у цей період [80]. Внесення азоту на провесні ефективне за умови, що буде достатня кількість опадів. Запізнення з цим заходом або нестача вологи в ґрунті призведуть до втрат врожаю [53].

За твердженнями Пасічник Н.А. та Марчук І.У. навесні підживлення азотом можна провести різними методами, проте найбільш дієвим є використання КАС, який включає в себе три форми азоту та дає можливість провести підживлення дробно і в критичні періоди потреби азоту в різні фази розвитку рослин [162]. Це

дозволяє скоротити витрати, а отже підвищити ефективність виробництва зерна [50].

Строки першого підживлення рослин азотом можуть бути різними. Суть найефективнішого методу внесення азоту в ґрунт полягає в тому, щоб він потрапив до коренів пшениці озимої до того як культура ввійде в стадію швидкого весняного росту [50]. Згідно рекомендацій Лихочвора В.В. та Проць Р.Р. [101], доза азоту для ранньовесняного підживлення на добре розвинених посівах становить N_{30-60} , на зріджених посівах вносять N_{60-70} . Норми азоту слід збільшувати у роки з пізньою весною і зменшувати в роки з ранньою дружною весною на добре розвинених з оптимальною густотою посівах.

Другий критичний період у забезпеченні азотом озимої пшениці настає на початку виходу рослин у трубку [168]. За даними J. C. Taureau [319], друге підживлення необхідно проводити, коли зародковий колос має довжину 1 см. Норма азоту для другого підживлення залежить від дози, яку використали для ранньовесняного підживлення.

За результатами досліджень бельгійських вчених була розроблена така система удобрення пшениці озимої, яка передбачала внесення азоту на кислих ґрунтах в три строки: 1) у фазу кушіння 30 кг/га д.р.; 2) на початку виходу в трубку – 80 кг/га д.р.; 3) під час появи прапорцевого листка - 30 кг/га д.р. [324]. Німецькі спеціалісти запропонували так званий спосіб «вікна»: доза азоту двічі знижується не менше ніж на $1/4$ від внесеної спочатку (якщо перша – N_{80} , то друга – N_{60} , третя N_{40}).

Кінець весняного кушіння – початок виходу рослин у трубку є найвідповідальнішим періодом в азотному живленні озимої пшениці, коли азот споживається рослинами у невеликій кількості, але його нестача призводить до незворотного зниження врожаю [74]. На цих етапах органогенезу забезпечення рослин азотом формує розмір колоса, число колосків у колосі [100]. Оптимізація умов живлення рослин у цей період має дуже велике значення. Будь-яке наступне покращення умов азотного живлення не в змозі змінити число колосків у колосі [27].

Особливо гостру нестачу азоту рослини пшениці відчують у період формування зерна, коли поглинається близько 20–30 % всієї потрібної кількості азоту. Таке підживлення для підвищення якості зерна ефективне тільки на здорових рослинах і при забезпеченні їх вологою [167]. Підживлення в період від початку колосіння до наливу зерна більше впливають на якість зерна і менше – на врожайність [23], вони будуть ефективнішими для збільшення фізичних показників якості: маси 1000 зерен, натури і склоподібності зерна [74; 129]. Вченими Колорадського університету стверджують, що отримання зерна із вмістом білка понад 12% неможливе без позакореневого внесення азоту [260]. За даними [266; 312] для отримання високого вмісту білку в зерні рекомендується використовувати N_{20} через 14 днів після цвітіння, а за даними П. М. Когута, В. В. Лихочвора, економічно та енергетично виправданою дозою азотних добрив для підживлення на VIII етапі органогенезу виявилася доза N_{40} [103]. Проте Барботтін А. довів те, що одночасно з цим зменшується інтенсивність ремобілізації азоту, тобто формування білка в зернівці за такої обробки відбувається, в основному, за рахунок поглинання азотистих речовин із добрив [260].

Фосфор необхідний у меншій кількості, ніж азот, але він є незамінним для росту і розмноження рослин [277], також він забезпечує ефективне використання інших елементів живлення. Проте є важлива особливість фосфору, яка полягає в тому, що його низька розчинність, незначна рухомість, важка доступність рослинам фосфорних сполук ґрунту ускладнює живлення рослин фосфором у ґрунтових умовах [229].

Кислі ґрунти містять хімічно активні форми заліза й алюмінію, і фосфор тут найчастіше міститься у вигляді фосфатів заліза та алюмінію або зв'язаний з півтораоксидами у вигляді абсорбованих сполук, здатних до часткової заміни їх фосфат-іонів [160]. Основним джерелом поповнення фосфат-іонів у ґрунтового розчину є внесення добрив. Характер перетворення фосфору добрив залежить від кислотності ґрунтового розчину, мінералогічного і гранулометричного складу, вмісту органічної речовини та інших властивостей ґрунту [150]. Відомо, що використання фосфору з мінеральних добрив у рік внесення коливається від 7 до

20 %, а 80 % його залишається в ґрунті [150]. Проте, за дослідженнями авторів [132] при внесенні азоту використання рослинами фосфору добрив зростало з 5,2-7,6 % до 28,5, а крім внесення азоту ще й калію – до 30%. Як видно коефіцієнт використання фосфорних добрив у значній мірі залежить від застосування інших елементів.

Інтенсивність нагромадження рухомих фосфатів при внесенні фосфорних добрив у різних типах ґрунтів неоднакова. Вона значно вища на малобуферних ґрунтах легкого гранулометричного складу з низькою ємністю вбирання. Так за результатами досліджень Мельника А.І. та Шабанової І.І. виявилось, що темпи нагромадження доступних фосфатів на дерново-підзолистих ґрунтах в 2-5 разів вищі, ніж в чорноземах [136].

Засвоєння фосфору з ґрунту починається вже в період проростання насіння. Найбільший вміст фосфору (1-1,5%) міститься у рослинах озимої пшениці у фазу сходів, зменшується він у міру зростання та розвитку культури. В процесі вегетації пшениця засвоює, як правило понад 80 % фосфору до початку формування зерна. Після початку молочного стану зерна доступ фосфору в рослину припиняється [79].

За даними Кудрявицької А.М. [90] вміст фосфору в рослинах пшениці озимої був вищим у варіантах, що удобрювалися в середньому на 0,2–0,72 % у фазу кущення; у фазу повної стиглості, у зерні на 0,09–0,3 %, та в соломі відповідно – 0,15–0,2 %, по-рівняно з контролем.

За результатами досліджень Ларченко К. А., Моргунова В. В. низький рівень фосфорного живлення призводить до зменшення інтенсивності надходження мінерального азоту в рослини, навіть за умови повного забезпечення азотними добривами [93]. Доведено, що застосування фосфорних добрив разом із азотними здатне істотно підвищити врожайність внаслідок посилення мобілізації фосфору [189; 273]. Однак позитивно впливаючи на врожайність, фосфорні добрива можуть мати на якість зерна обернену дію. Природа цього пояснюється зворотним зв'язком між врожайністю і якістю зерна, тому фосфорні добрива необхідно застосовувати тільки разом з азотними [67; 88].

Калій – один з життєвонеобхідних елементів мінерального живлення, який сприяє перезимівлі рослин, регулює у них фізіологічні процеси, захищає культуру від хвороб, вилягання та пом'якшує вплив теплового стресу [149; 314; 328]. У більшості ґрунтів калій знаходиться у нерозчинній, і відповідно недоступній для рослин формі [152]. На сьогодні значення калійних добрив зростає, оскільки тривале насичення сівозмін технічними культурами призвело до збіднення калійного фонду орних земель [110]. Створення фонів із середнім або підвищеним вмістом доступного для рослин калію досягається систематичним внесенням органічних і мінеральних добрив у сівозміні [48]. За використання побічної продукції в якості органічного добрива в ґрунт може повертатись понад 70 % калію винесеного рослинами [246]. У рік внесення мінеральних добрив використовується 40-50 % калію [150].

Поглинання калію пшеницею закінчується раніше, ніж азоту і фосфору. Калій надходить в рослину починаючи з фази сходів до цвітіння. У початкові фази вміст калію в рослинах пшениці озимої максимальний (2,5-3,8 %), до фази повної стиглості кількість калію знижується до 0,8-1 %. Споживання калію у фазі виходу в трубку, колосіння та цвітіння – максимально [182].

В удобрених калієм посівах підвищувався вміст загального азоту в рослинах озимої пшениці в фазу куціння, колосіння і повної стиглості, фосфору – в фазу колосіння і калію – в фазу куціння [111].

Проте вплив даного елементу на врожайність пшениці практично аналогічний до впливу фосфору, калій практично не впливає на якість зерна пшениці самостійно, але при правильному його поєднанні з азотом, можна отримати урожаї високоякісного зерна [67; 284]. Нестача калію призводить до зменшення маси 1000 зерен і натури [131].

Фосфорні і калійні добрива вносять восени під основний обробіток ґрунту або під передпосівну культивуацію. Весняне внесення знижує їх ефективність у 1,5–2,0 рази через неможливість повної заробки у ґрунт і малу рухливість елементів живлення [191].

Оптимальне співвідношення доступних елементів живлення полегшує надходження іонів до клітин рослин, тоді як незбалансоване живлення ускладнює адсорбцію та посилює процеси у напрямку несприятливого обміну як з погляду фізіології, так і господарської цінності продукції. Оптимізація внесення мінеральних добрив для пшениці озимої полягає в дробному внесенні елементів живлення [244].

Важливим резервом підвищення ефективності застосування мінеральних добрив є збалансування систем удобрення не тільки за азотом, фосфором і калієм, але й за кальцієм, магнієм і мікроелементами, особливо на кислих ґрунтах.

Основним заходом, які сприяють поповненню кальцію і магнію в ґрунті є - вапнування. Достатня кількість кальцію і магнію в ґрунті сприяє мобілізації фосфору з важкорозчинних сполук заліза й алюмінію та переходу його в більш доступні для рослин фосфорнокислі солі кальцію і магнію. Калій важкорозчинних мінералів інтенсивніше перетворюється у рухомі сполуки, а ввібраний ґрунтом - витісняється в розчин [17]. Вапнування також впливає на азотний режим ґрунту. При слабкокислій і нейтральній реакції інтенсифікуються процеси мінералізації органічної речовини і вивільнюються додаткові кількості неорганічних форм азоту. Посилюється діяльність нітрифікуючих бактерій, внаслідок чого збільшується вміст нітратів у ґрунті [9; 95].

Крім того, вапнування впливає на рухомість та доступність для рослин мікроелементів. Дефіцит поживних речовин у рослин пшениці найчастіше настає у фазу виходу в трубку та під час колосіння. Це відбувається внаслідок інтенсивного наростання вегетативної маси. Проведення позакореневих підживлень у ці фази сприяє формуванню більшої кількості колосків і зерен у колосі, і як наслідок, – забезпечує підвищення врожайності та якості одержаної продукції [19; 215]. Поєднання декількох мікроелементів на фоні основних мінеральних добрив дозволяє підвищити рентабельність виробництва на 43 %. Тому застосування комплексних добрив з мікроелементами – це питання не лише кількісних показників одержаного урожаю, але і його якості [144; 278; 286; 326].

Отже, 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, й зниження собівартості здійсненого в першу чергу через цілеспрямоване регулювання системи їх удобрення.

1.2. Оптимізація фізико-хімічних властивостей ґрунту за дії хімічних меліорантів і удобрення

Оптимізація фізико-хімічних властивостей кислих ґрунтів за допомогою вапнування давно привертає увагу численних дослідників і практиків як в Україні, так і за кордоном. Пшениця озима добре реагує на поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту [176; 181; 187; 226; 303].

В Україні площа кислих ґрунтів становить 10,517 млн га, що відповідає 26,3 % від загальної площі [258], тобто кожен четвертий гектар ґрунту класифікується кислим, а в Лісостепу та Поліссі – майже кожен другий (49,7 та 47,4 %) [206]. По підрахунках вчених в Україні необхідно щороку першочергово вапнувати 500-600 тис. га кислих ґрунтів, а вапнується, наприклад, в 2012 році лише 105 тис. га [245]. Необхідно також враховувати, що з підвищенням рівня застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив загальні площі кислих ґрунтів будуть зростати, і вапнування стане необхідністю там, де зараз кислих ґрунтів немає [204].

Ґрунти з підвищеною кислотністю характеризуються і низькою природною родючістю. Кисла реакція ґрунтового розчину супроводжується надмірним вмістом токсичних для рослин рухомих форм алюмінію, мангану, заліза, зниженням доступності фосфору, молібдену, погіршенням складу мікрофлори ґрунтів, гальмуванням надходження в рослини кальцію і магнію. Крім того на кислих ґрунтах дуже низька окупність мінеральних добрив та низька якість продукції [106].

Недобір урожаю основних культур через негативний вплив кислотності ґрунтів щороку становить близько 1 млн 350 тис. т зернових одиниць [119]. Доведено, що для більшості сільськогосподарських культур оптимальна реакція ґрунту перебуває в межах pH_{KCl} 5,5-7,0 [280]. Дослідження показали, що рівень pH 4,66-5,29 для рослин пшениці озимої є критичним [259]. Оптимальний рівень pH для вирощування пшениці становить 6,3-7,5. Досягти такого рівня ґрунтового середовища на кислих дерново-підзолистих ґрунтах в природних умовах без вапнування практично неможливо [8; 118; 170]. Так як застосування вапнякових меліорантів є основним регулятором кислотно-лужної рівноваги ґрунту, оскільки кальцій і магній швидко взаємодіють з ґрунтовым вбирним комплексом, нейтралізуючи кисле середовище ґрунту.

Вапнування є основним заходом з докорінного поліпшення кислих ґрунтів, зниження в них шкідливого алюмінію і загалом, загального рівня кислотності, запобігання руйнуванню в них найціннішої їх частини, а саме поглинального комплексу як мінерального, так і органічного, який є матеріальним носієм катіонно-обмінної здатності ґрунтів [125; 207; 275; 288; 306].

Ефективність вапнування залежить від багатьох факторів, основними з яких є ступінь кислотності ґрунту, доз, строків і способів внесення вапнувальних матеріалів, чутливості культур, поєднання вапнування із застосуванням мінеральних добрив [38; 135; 181; 206; 218; 276; 290; 297; 299; 311]. Внаслідок вапнування кислих ґрунтів істотно поліпшується весь комплекс їхніх фізико-хімічних показників: знижуються потенційна і гідролітична кислотність, зростають ємність поглинання катіонів, сума увібраних основ та насиченість ними [49; 219; 281; 282; 322].

Однак традиційна технологія хімічної меліорації в умовах ринкової економіки є досить енерговитратною. Тому на сьогодні потрібні принципово нові підходи до вирішення проблеми хімічної меліорації кислих ґрунтів з обов'язковим переходом на ресурсозберігаючі технології [213]. Трускавецький Р.С. відмічає, що в найближчу і віддалену перспективи перехід на ресурсозберігаючу та екологічно

безпечну технологію локальної меліорації ґрунтів слід вважати одним із важливих стратегічних напрямків інноваційного і збалансованого землекористування [212].

Обмінні катіони кальцію та магнію не лише визначають реакцію ґрунтового середовища, а й впливають на біологічну активність ґрунту, сприяють формуванню структури, утворенню в ґрунті сприятливого водно-повітряного режиму, нейтралізують кислі гумусові речовини та тим самим запобігають руйнуванню алюмосилікатної частини ґрунту [96]. Вони також попереджують вимивання з ґрунту фосфорнокислих солей, оскільки утворюють з фосфат-іонами малорозчинні і нерозчинні сполуки.

Проте частина кальцію і магнію втрачається, у зв'язку з відчуженням з ґрунту за рахунок виносу їх врожаями сільськогосподарських культур, вимивання за межі кореневмісного шару, витрат на нейтралізацію ґрунтової кислотності та фізіологічно кислих мінеральних добрив.

За шестирічними лізиметричними дослідженнями, проведеними в стаціонарному досліді на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті в середньому щорічно з шару 0-40 см вниз по профілю мігрує до 230 кг/га CaCO_3 та до 30 кг/га MgO [85]. Встановлено, що магній вимивається за межі кореневмісного шару інтенсивніше ніж кальцій, особливо під впливом фізіологічно кислих форм азотних і хлорумісних калійних добрив [295]. За даними Тараріко Ю.О. середні щорічні втрати кальцію і магнію із орного шару дещо більші і становлять 350–450 кг/га CaCO_3 [202].

За даними різних джерел винос кальцію зерновими культурами перебуває в межах 40-60 кг/га CaCO_3 щорічно. Між дозою внесення мінеральних добрив, встановлено пряму залежність з вилученням кальцію [290; 299]. За даними [42] внесення дефекату у дозі 4,5; 9,0 і 13,5 т/га забезпечує інтенсивність балансу кальцію за дві ротації 4-пільної сівозміни відповідно 94–102 %, 143–162 і 183–203 % залежно від доз мінеральних добрив, тоді як без вапнування баланс кальцію був різко дефіцитним з інтенсивністю 30–51 %. За даними [205] для нейтралізації фізіологічно кислої реакції добрива слід вносити на 100 кг NH_4NO_3 - 75 кг CaCO_3

та додатково додавати 8 кг/га д.р. Са, що відповідає вимогам культури за видовим генотипним співвідношенням.

Як відомо, корінним прийомом надлишкової кислотності слід вважати вапнування з дозою кальцію 4-6 т/га, що розраховується виходячи з початкової гідролітичної кислотності, помноженої на коефіцієнт 1,5. Одна тонна CaCO_3 знижує рН на 0,12-0,15 одиниць [122].

Велика похибка в розрахунку доз вапнякового меліоранту за гідролітичною кислотністю часто призводить до перевапнування ґрунтів, унаслідок чого різко погіршуються фізико-хімічні властивості ґрунтів, знижується засвоєння рослинами поживних речовин і загалом погіршується економічний стан [220].

Вапнування, проведене перед початком ротації сівозміни однією нормою CaCO_3 , дозволяє підтримувати у сприятливих межах реакцію ґрунтового розчину впродовж усього періоду її тривалості [170]. За даними С. І. Веремеєнка [13], тривалість дії внесених в ґрунт вапнякових матеріалів залежить від дози CaCO_3 , гранулометричного складу ґрунту, доз мінеральних добрив, кількості опадів та інших факторів. Проте кислотність є величина динамічна, зміщення показника рН в бік нейтралізації є тимчасовим, через 4-5 років після вапнування ґрунт знову повертається до вихідної величини [16].

Завдяки вапнуванню істотно зростає ефективність як мінеральної, так і органо-мінеральної систем удобрення [165; 171]. Попередніми науковими дослідженнями вже доведено, що хімічна меліорація та удобрення кислих ґрунтів значно поліпшує їх фізико-хімічні та агрохімічні властивості, а також одночасно сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур і якості отриманої продукції [120; 219; 225].

За результатами дослідження Веремеєнка С.І. відмічено, що застосування подвійної дози НРК знижувало рН за дві ротації з 5,1 до 4,2, а при використанні мінеральних добрив з вапнуванням підвищило рН на 0,5 за одну ротацію [12].

За дослідженнями Ткаченко М.А. та ін. [2] визначено, що вапнування сірого лісового ґрунту за повної дози меліоранту без добрив сприяло зниженню обмінної кислотності у верхньому горизонті ($\text{pH}_{\text{сольове}}$ — 4,8 од., а гідролітична

кислотність — 0,06 мг-екв/100 г ґрунту). У варіанті із застосуванням тільки мінеральних туків обмінна кислотність піднімається до вихідного рівня (Нгід. — 0,10 мг-екв/100 г ґрунту за рН_{сольове} — 4,4 од.). За внесення NPK на фоні повної дози меліоранту відзначено тенденцію до зниження обмінної кислотності (0,07 мг-екв/100 г ґрунту за рН_{сольове} — 4,6 од.). За подвійних доз NPK на меліорованому фоні спостерігається підвищення кислотності ґрунту.

Тому система удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах може бути високоефективною лише при правильному поєднанні з вапнуванням, яке повинно завжди передувати застосуванню мінеральних добрив. Причина в тому, що мінеральні добрива, особливо азотні, інтенсифікують процес вторинного підкислення ґрунтів. Це призводить до пригнічення діяльності нітрифікаторів, а вапнування створює сприятливі умови для збільшення їхньої кількості іноді у 10 разів. Для усунення цього процесу слід вносити вапно хоча б для нейтралізації підкислювальної дії добрив.

За дослідженнями [210], проведеними на світло-сірих лісових ґрунтах, встановлено, що внесення 0,5-1,5 норми за г.к. вапна знизило вміст рухомого алюмінію за 4 роки на 7,8-9,2 мг на 100 г ґрунту. Томашівський З.М. у своїх дослідженнях встановив, що на 4-й рік після внесення 0,5-3,0 н. вапна гідролітична кислотність ґрунту знижується з 6,35 до 1,87 мекв. на 100 г ґрунту, а рухомий алюміній з 11,2 до 0,1 мг на 100 г ґрунту [211].

За даними Оліфіра Ю.М. на ясно-сірому лісовому ґрунті органо-мінеральна система удобрення в сівозміні на фоні періодичного вапнування сприяла зниженню всіх видів кислотності, й умісту сполук рухомого алюмінію та підвищення суми увібраних основ за рахунок збільшення кількості кальцію і магнію, створюючи сприятливі умови для росту і розвитку культур [155].

Поєднання вапнування з внесенням мінеральних добрив поліпшує кислотно-основні властивості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового завдяки зменшенню обмінної і гідролітичної кислотності та насиченості ЄКО кальцієм після першої ротації сівозміни з 79 до 84–87 % [42].

Проведення в перших 3-х ротаціях сівозмін основного і регулярних повторних вапнувань дерново-підзолистого звязнопіщаного ґрунту 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 дозами CaCO_3 забезпечувало зрушення pH_{KCl} ґрунтового розчину з 4,6-4,7 до відповідно 4,9-5,4; 5,9-6,2; 6,3-6,6 і 6,5-6,6, а гідролітичної кислотності з 2,23-2,48 до відповідно 1,77-1,84; 1,05-1,22; 0,64-0,71 і 0,53-0,65 мг-екв/100 г ґрунту [169].

Мазур Г.А. відмічає, що на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах найбільш ефективними є застосування повних доз вапна, застосування половинної дози виявилось неефективним, а полуторної – економічно недоцільним і агрономічно в окремі роки шкідливим [118].

Мінеральні добрива є могутнім фактором підвищення врожайності культур і родючості ґрунту. Проте необґрунтовано тривале застосування високих доз мінеральних (особливо азотних) добрив на легких дерново-підзолистих ґрунтах може призвести до ряду негативних явищ: значного посилення низхідної міграції кальцію та магнію, лесиважу, токсикозу ґрунту та інших негараздів [85; 179; 270].

Використання на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах лише одних мінеральних добрив збільшує обмінну та гідролітичну кислотність, вміст рухомого алюмінію, знижує pH_{KCl} сольової витяжки і зменшує суму увібраних основ у ґрунті [81], що призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту і відповідно зниження урожайності сільськогосподарських культур [148].

За тривалого застосування мінеральних добрив без вапнування на чорноземі опідзоленому відмічено тенденцію підкислення ґрунту на 0,1-0,3 од. pH_{KCl} у шарі 0-20 см, підвищення гідролітичної кислотності до 3,03-3,84 смоль/кг залежно від варіанту дослідів. Ступінь насиченості основами ГВК знизився в усіх варіантах порівняно з вихідним рівнем (93,2%) [36].

На сірому лісовому ґрунті за вирощування пшениці озимої за тривалого внесення лише біогенних елементів у нормі 150 кг/га д.р., без проведення хімічної меліорації та без застосування кальцієвих і магнієвих добрив впродовж вегетаційного періоду відбулося зростання Нг на 0,17 мг-екв/100 г ґрунту, зниження pH_{KCl} на 0,6 одиниці [203].

Отже, збільшення ємності поглинання ґрунту, нейтралізація його кислотності – найголовніше завдання при розробленні заходів відтворення родючості кислих та слабокислих ґрунтів України. У зв'язку з цим, одним із завдань досліджень є розроблення економічно доцільних способів підвищення їх родючості шляхом комплексного застосування різних форм і доз хімічних меліорантів та поєднання їх з мінеральними добривами для оптимізації основних ґрунтових процесів, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

1.3. Врожайність і якість зерна пшениці озимої залежно від удобрення і кислотності ґрунту

Висока продуктивність озимої пшениці є похідною багатьох факторів [22, 27, 178]. Але одним із ключових та впливових чинників, які впливають на урожайність та якість є елементи живлення, форми їхніх сполук та способи застосування. Збільшення врожайності та покращання якості зерна належить мінеральному живленню за рахунок збільшення в ґрунті доступних елементів. Тому застосування добрив є важливим і поки що невикористаним резервом підвищення врожайності пшениці озимої, на частку яких припадає до 40–50% усього комплексу чинників, що впливають на ріст і розвиток рослин [38; 115; 222].

Рациональне застосування добрив створює передумови для збільшення врожайності, поліпшення якості зерна, отримання економічної вигоди від вирощування озимої пшениці [82; 97]. Кожен кілограм діючої речовини NPK дає приріст зерна пшениці на богарі, в середньому, 3–5 кг, а на зрошенні – 10–12 кг [134]. Вирощування пшениці озимої на фоні без внесення мінеральних добрив забезпечує зниження продуктивності на рівні 33,1 %, порівно із удобренням $N_{60}P_{30}K_{60}$ – 3,66 т/га [203]. Тому на сьогодні важливим питанням є встановлення оптимальних доз і співвідношень елементів живлення внесених добрив.

Серед основних елементів живлення найважливішим є азот. Зазвичай рівень продуктивності пшениці озимої напряму залежить від забезпеченості азотним

живленню. Внесення в ґрунт 1 кг азоту може давати приріст врожаю зерна в умовах сівозміни 16 кг, тоді як фосфору – 8 кг і калію – 4 кг [4; 180].

Вчені Німеччини вважають, що для виробництва 1 т високоякісної пшениці потрібно в середньому близько 25 кг азоту [117]. За даними [254; 294], окупність 1 кг азоту приростом зерна змінювалась від 8,2 до 17,7 кг. У середньому за внесення N_{60} вона становила 14,3 кг, за N_{120} – 14,0 кг і N_{180} – 10,7 кг, тобто спостерігається закономірне зниження окупності з підвищенням дози їх внесення. Аналогічна закономірність спостерігалась і за внесення цих доз азоту у складі повного мінерального добрива.

Застосування фосфорних і калійних добрив менш ефективно порівняно з азотними. У дослідженнях [157] фосфорно-калійні добрива ($P_{40}K_{40}$) не сприяли збільшенню врожайності, в той же час порівняно невелика доза азотних добрив (N_{40}) за передпосівного внесення збільшила урожайність пшениці на 3 ц/га. Зі збільшенням доз азоту з N_{90} до N_{150} на фосфорно-калійному фоні збільшувалась урожайність зерна.

За даними Кучера Г. А. та Кочика Г. М. приріст врожаю зерна пшениці озимої від внесення одного азоту в нормі N_{60} становив 5,7-7,5 ц/га або 18,2-28,4%; від $P_{60}K_{60}$ в основне удобрення – 3-4 ц/га (12,8-15,1%); від повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 8,1-9,7 ц/га (28,0-41,4 %), порівняно з контролем без добрив [92]. Внесення азотних добрив має бути завжди добре збалансованим із вмістом потенційно допустимих сполук фосфору й калію у ґрунті [182]. За даними [190] приріст врожаю від внесення НРК є в два рази вищий, ніж від окремо – НР чи НК.

Поряд з урожайністю, добрива мають значний вплив і на якість зерна пшениці озимої [55], де провідну роль відіграють азотні добрива [32; 34; 63; 105; 217]. Внесення окремо фосфорних і калійних добрив або їх поєднання знижує якість зерна пшениці озимої, зменшуючи тим самим у ньому вміст білка і клейковини. При додаванні азоту цей недолік можливо усунути. У даному випадку сумісне застосування фосфорних, калійних і азотних добривами позитивно впливає на якість зерна цієї важливої продовольчої культури [11; 217]. Так, при внесенні в основне удобрення азоту (N_{60}), вміст білка підвищувався на 1,98 абс.%.

Застосування фосфорно-калійних добрив знижувало вміст білка на 0,3 абс. %. При застосуванні парних комбінацій NP і NK вміст білка збільшувався відповідно на 1,4 і 0,9 абс. %, а повного мінерального добрива – на 1,0 абс. % [14].

За результатами досліджень М.В. Лісового, А.В. Комаристої [108], внесення азоту в нормі 60, 90, 120 кг/га на фосфорно-калійному фоні поступово збільшувало вміст білка від 10,7 до 11,6%, клейковини - від 25,3 до 26,7, склоподібність – від 62,6 до 67,3%, за показників на контролі без добрив – відповідно 10,7%, 25,3% та 62,6%.

Оптимальною дозою азотних добрив для поліпшення якості зерна можна вважати 90-120 кг/га діючої речовини [116]. В умовах Білорусі при внесенні $N_{120}P_{90}K_{120}$ вміст клейковини зростає до 34%, білка – до 12,5%. Підвищення дози понад N_{120} було неефективним [166]. Невеликі дози азоту (N_{20-30}) також не забезпечують приросту вмісту білка та клейковини [75]. В дослідженнях [183] застосування 90-120 кг/га д. р. азотних добрив у підживлення пшениці спелі зменшувало натуру зерна з 753 до 718 г/л, проте підвищувало його склоподібність.

Пшениця озима дуже чутлива до реакції ґрунтового середовища, на кислих відбувається різке зниження врожайності. Попередньо вже доведено що хімічна меліорація та удобрення кислих ґрунтів сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур і якості отриманої продукції [120; 219; 327]. Кожен гектар провапнованих земель дає можливість отримати додатково 3-4,5 ц зернових одиниць [180]. За умов ігнорування хімічної меліорації в Україні щорічно недобирається 0,6–1,8 млн тонн зернових одиниць продукції рослинництва на кислих ґрунтах [119].

В умовах Західного Полісся застосування під пшеницю озиму $N_{60}P_{60}K_{60}$ на дерново-підзолистому ґрунті без вапнування підвищувало врожайність на 3,2 ц/га, а на фоні внесення вапна – на 10,4 ц/га [170]. В стаціонарному досліді ННЦ Інституту землеробства НААН на дерновосередньопідзолистому супіщаному ґрунті вапнування без добрив підвищило врожайність пшениці на 21,3%, на фоні NPK – на 14,8%, на фоні гною – на 1,8%, на фоні NPK + гній – на 2,5% [121].

У дослідженнях Павліченко А.І. та ін. за внесення мінеральних добрив у рекомендованих дозах за післядії вапнування (1,0 Нr) за гідролітичною кислотністю на сірому лісовому ґрунті, приріст урожайності у середньому становив 1,68 т/га, що на 70% вище порівняно з контролем [159]. Істотне зростання урожайності відбувалось за внесення крейди гранульованої в дозі 230, 460 та 690 кг/га д.р. Са, що забезпечило зростання урожайності на 0,25; 0,46 та 0,93 т/га відповідно. Найвищий рівень продуктивності пшениці – 6,80 т/га зерна отримано за внесення $N_{120}P_{60}K_{120}$ в поєднанні з 750 кг/га крейди [203].

Проведення вапнування дозою дефекату 9,0 т/га в першій ротації 4-пільної сівозміни підвищило врожайність пшениці озимої за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ на 0,83 т/га, або на 12 %, а в другій ротації – на 0,41 т/га, або на 7 %. За внесення 0,5 і 1,5 дози вапна приріст урожайності за дві ротації сівозміни відповідно склав 4 % і 10 % [33].

Отже, застосування мінеральних добрив - один з найважливіших заходів у технології вирощування пшениці озимої, що забезпечує підвищення врожайності та якості зерна. Ефективність застосування добрив у першу чергу залежить від доз їх внесення. Тому визначення доз добрив і поєднання в них основних елементів живлення є одним зі складних питань сучасної агрономічної науки і практики.

Висновки до розділу 1

Враховуючи роль елементів живлення, потребу пшениці у азоті, фосфорі та калію протягом вегетації, її відношення до кислотності ґрунту існує потреба покращення управління родючістю дерново-підзолистих ґрунтів, і відповідно, продуктивністю сільськогосподарських культур шляхом комплексного поліпшення їх властивостей, здійсненого, в першу чергу, через цілеспрямоване регулювання системи їх удобрення. Застосування традиційних підходів до підвищення продуктивності дерново-підзолистих ґрунтів, які передбачають їх вапнування і внесення підвищених доз гною та азотних, фосфорних і калійних добрив може призводити до значного зростання собівартості вирощеної продукції

та її збитковості. В зв'язку з цим, пошук оптимальних, екологічно безпечних доз внесення добрив і меліорантів на даний час є актуальним. Особливо це важливо для такої вимогливої до родючості ґрунтів культури як пшениця озима, вирощування якої на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся без оптимізації системи удобрення є малоефективним.

Отже, пошук шляхів підвищення родючості дерново-підзолистих ґрунтів і окупності систем удобрення сільськогосподарських культур в сучасних реаліях ведення рослинництва є актуальною науковою і прикладною проблемою. Тому важливо порівнювати різні методи встановлення доз добрив, види і дози хімічних меліорантів з метою визначення найбільш економічно окупних та екологізбалансованих поєднань.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Однією з умов, які забезпечують отримання високих та стабільних урожаїв сільськогосподарських культур, є повне забезпечення культурних рослин усіма необхідними факторами життя. Така умова може бути виконана на основі врахування природних ресурсів регіону, раціонального використання досягнень землеробства та вимог рослин до умов навколишнього середовища. При цьому правильне використання землі забезпечує підвищення урожайності, збільшення валового збору продукції рослинництва та зниження витрат на її виробництво [198].

При підвищенні ефективності аграрного виробництва велике значення надається ґрунтовому покриву та клімату. Ґрунтово-кліматичні особливості районів впливають на ріст, розвиток та урожайність вирощуваних культур, обумовлюючи підбір застосовуваних агроприйомів, сільськогосподарських машин та знарядь при проведенні польових робіт.

Знання умов життя рослин та їх вимог до навколишнього середовища дозволяє найбільш повно використовувати потенційну продуктивність рослин у конкретній ґрунтово-кліматичній зоні, врахування таких вимог є обов'язковим і при плануванні наукових досліджень.

Дерново-підзолисті ґрунти домінують у структурі ґрунтового покриву Західного Полісся. Їх частка в землях ріллі становить майже 72%. У переважній більшості вони характеризуються дуже низькою природною родючістю, яка в середньому становить 1,2-1,5 т/га зерна пшениці [206].

Дерново-підзолисті ґрунти сформувались під мішаними та сосновими лісами в умовах промивного типу водного режиму (коефіцієнт зволоження понад одиницю) на водно-льодовикових, алювіальних та моренних відкладах, які часто підстилаються моренами, кристалічними чи мергельними породами. Головною діагностичною ознакою цих ґрунтів є чітка диференціація профілю на генетичні

горизонти, а саме: гумусово-елювіальний (HE), елювіальний (E), ілювіальний (I) [160].

Дерново-підзолистий ґрунт дослідної ділянки перед закладанням дослідів характеризувався дуже низьким вмістом органічного вуглецю, сильнокислою реакцією ґрунтового розчину, високим вмістом рухомих сполук фосфору, низьким вмістом рухомого калію та дуже низьким вмістом лужногідролізного азоту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Вихідні показники агрохімічної характеристики дерново-підзолистого ґрунту, 2020 р.

Показник	Шар ґрунту 0-20 см
Кислотність (рН _{KCl}), од. приладу	4,04
Гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту	2,55
Ступінь насиченості основами, %	62
Органічний вуглець, %	0,37
Лужногідролізний азот, мг/кг	40,6
Рухомий фосфор, мг/кг	198,5
Рухомий калій, мг/кг	56,8

За гранулометричним складом орного шару ґрунт дослідної ділянки крупнопилувато-піщаний, який має високий вміст піску (83,0%) і дуже низький вміст глини (1,8%).

На території Рівненської області пролягає межа розподілу західних природно- сільськогосподарських провінцій Лісостепу і Полісся. За принципами еколого-господарського районування природно-сільськогосподарських округів Рівненщина відноситься до Малополіського округу, що включає землі Львівської, Рівненської та Тернопільської адміністративних областей [133].

Територіально даний регіон характеризується помірно-континентальним кліматом із теплим і достатньо вологим літом. Зима порівняно тепла, малосніжна, з частими відлигами. За характером вологозабезпечення належить до зони достатнього зволоження.

За даними гідрометеостанції Рівненської області середньорічна температура повітря становить 7,0-7,1 °С. Максимум тепла припадає на липень, середньомісячна температура повітря становить 17,8 °С. Найбільш холодний місяць – січень, середньомісячна температура повітря становить – 5,4°С.

Перші заморозки за останні роки спостерігаються з II декади листопада. Відновлення весняної вегетації відмічається найраніше – III декада лютого, найпізніше – II декада березня. Останні заморозки можливі в ранкові часи протягом травня, хоча в цьому місяці переважає погода літнього типу.

Тривалість безморозного періоду становить 161 день, і коливається від 104 до 187 днів. Згідно середньобагаторічних спостережень Рівненської обласної метеостанції середньорічна сума опадів становить 568 мм, із них за період активної вегетації випадає 324 мм, або 57 %. Найбільша кількість опадів випадає в липні – 84 мм.

Пшениця - холодостійка культура. Її насіння починає проростати при температурі 1-2 °С. Для одержання дружних сходів під час сівби повинні бути температури 14-16 °С. Добре загартовані рослини витримують взимку зниження температури в зоні вузла кущення до мінус 17-18 °С, а високоморозостійкі сорти - до мінус 19-20 °С. Дуже шкідливі перепади температури ранньою весною, коли вже почалось відростання рослин і температури вдень підвищуються до 5-10 °С тепла, а вночі знижуються до мінус 8-10 °С [78].

Пшениця вимоглива до вологості. Протягом вегетації вологість ґрунту повинна бути в межах 65-75% НВ і не знижуватись до рівня вологості розриву капілярів і тим більше до вологості в'янення рослин. Найбільш критичним в плані нестачі вологості є період виходу в трубку - колосіння, а також формування та наливання зерна, в цей час найбільша потреба рослин у воді. Транспіраційний коефіцієнт пшениці - 320-450. Він зменшується при достатньому застосуванні фосфорно-калійних добрив, які сприяють розвитку кореневої системи, роздрібному внесенні азотних добрив [99].

Погодні умови в роки проведення досліджень відрізнялися від середніх багаторічних показників, що вплинуло на ріст і розвиток культури. Температура

повітря у 2020–2021 рр. вегетації пшениці озимої вирізнялася підвищеними показниками порівняно з середніми багаторічними як на початку так і на кінець вегетації: відзначено переважання температури на 2 °С у вересні, 3,5 °С у жовтні та 1,7 °С у червні, 3,3 °С у липні (рис. 2.1). Температура 2021–2022 рр. і 2022–2023 рр. була нижчою порівняно із вище зазначеними періодами 2020–2021 р., але вищою у період березень–травень і тому сприятливою для відновлення вегетації та весняного росту культури.

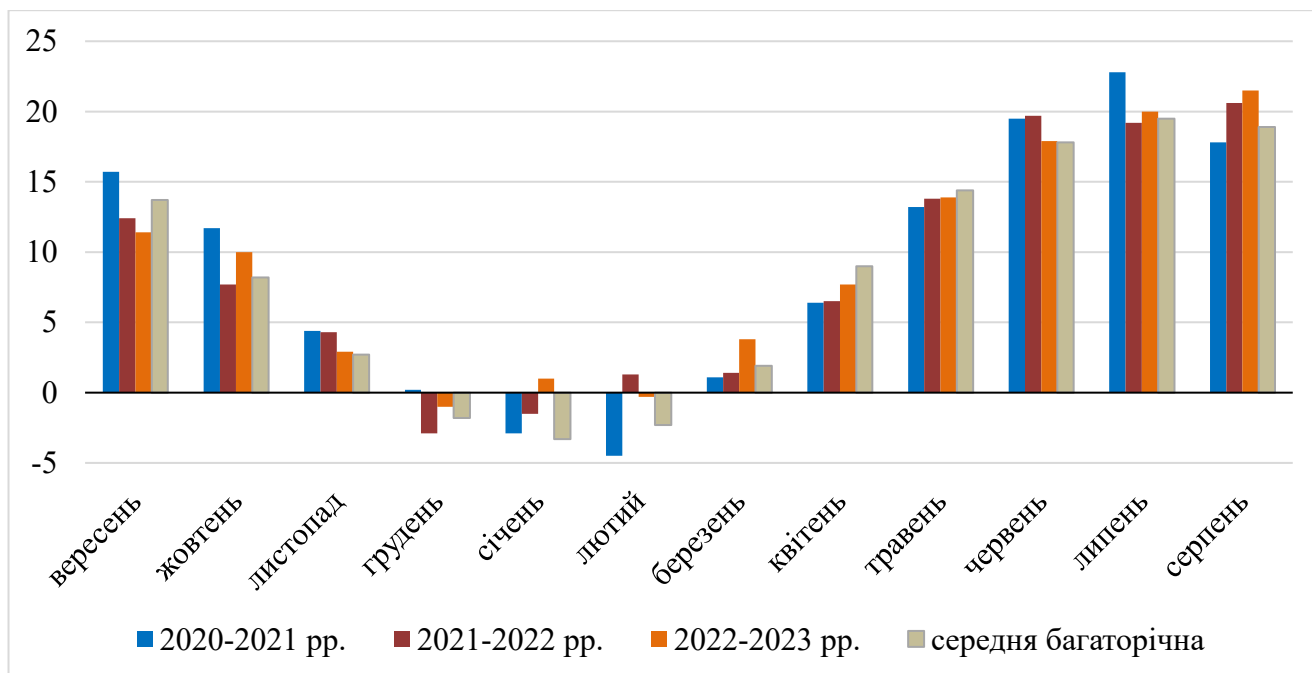


Рис. 2.1. Температура повітря у період вегетації пшениці озимої, °С

Опади розподілялися по місяцях і роках нерівномірно, проте їх сумарна кількість у період вегетації пшениці озимої 2021–2022 р і 2022–2023 рр. відповідно 470,6 і 539,2 мм переважала середню багаторічну 442,0 мм, тоді як у 2020–2021 рр. становила 416,2 мм (рис. 2.2). Особливо відчутний дефіцит вологи спостерігався як на початку осінньої, так і весняної вегетації 2020–2021 рр., що спричинило відставання рослин у рості порівняно з іншими роками досліджень.

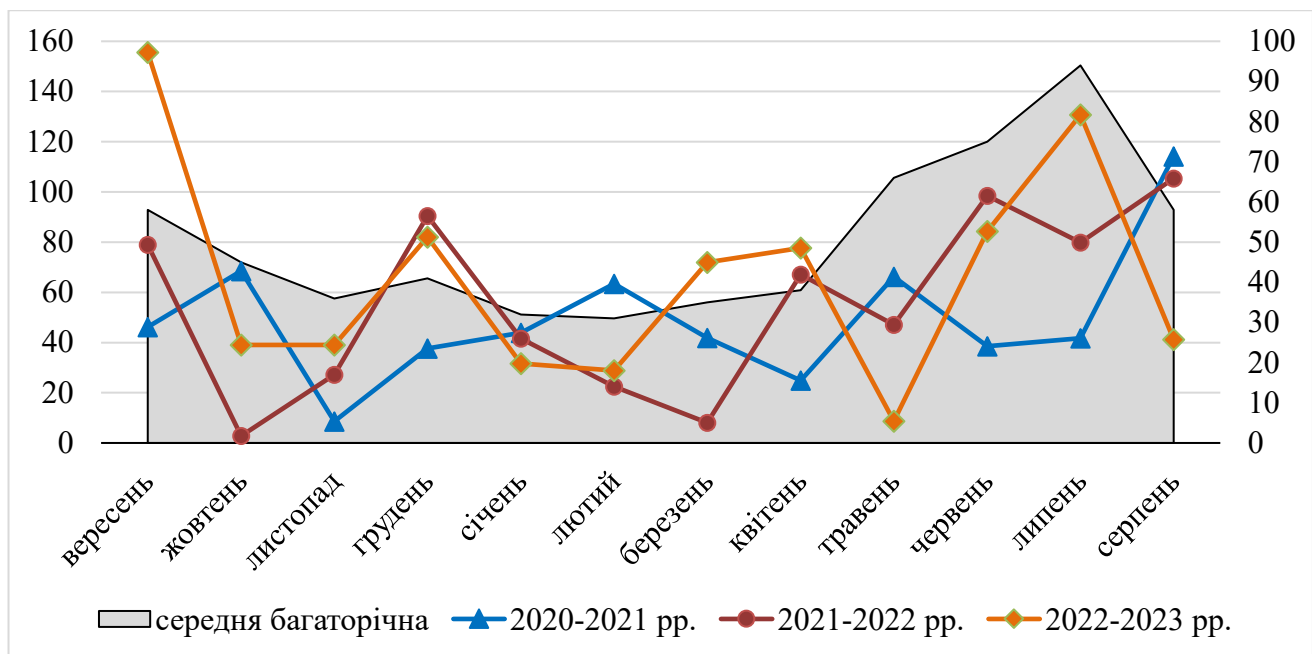


Рис. 2.2. Кількість опадів у період вегетації пшениці озимої, мм

2.2. Методика проведення досліджень

Дослідження проводили впродовж 2021-2023 рр. у стаціонарному польовому досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН, закладеному у 2011 р. Схема досліді представлена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Схема досліді

Варіант	Доза NPK
Контроль (без добрив і вапнування)	—
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) – фон	—
Фон + рекомендована NPK + мікродобриво (двічі)	$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$
Фон + NPK нормативним методом на винос основної продукції + мікродобриво (двічі)	$\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$
Фон + NPK нормативним методом на винос основної та побічної продукції + мікродобриво (двічі)	$\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$
Фон + N нормативним методом на винос азоту основної продукції + мікродобриво (двічі)	N_{130}
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + рекомендована NPK + мікродобриво (двічі)	$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$
CaCO_3 (1,0 Нг) + рекомендована NPK + мікродобриво (двічі)	$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$

Схема досліду включала рекомендовану для зони Західного Полісся дозу добрив ($N_{120}P_{60}K_{90}$) та розраховані за нормативним методом дози на основі витрат елементів живлення на формування 5,0 т/га зерна ($N_{130}P_{25}K_{35}$) та зерна з відповідною кількістю соломи ($N_{150}P_{50}K_{125}$). Посівна площа ділянки в 99 м² (16,5х6), облікова – 50 м² (12,5х4), повторність досліду триразова. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Технологія вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) - загальноприйнята для зони Полісся. Захист від шкідників, хвороб і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

У досліді висівали сорт Астарт у чотирипільній сівозміні: пшениця озима, соняшник, кукурудза, соя. Норма висіву – 4,5 млн шт./га.

Вапнякові матеріали вносили у вигляді доломітового та вапнякового борошна під основний обробіток ґрунту перед закладанням досліду. Дози внесення визначалися відповідно до схеми досліду та вихідного рівня гідролітичної кислотності ґрунту в кожному варіанті. З урахуванням характеристик ґрунту і матеріалів було внесено таку кількість фізичної маси доломітового борошна (т/га): фон – 4,2; фон + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (рекомендоване) + мікродобриво – 3,9; фон + $N_{130}P_{25}K_{35}$ (норматив на зерно) + мікродобриво – 3,3; фон + $N_{150}P_{50}K_{125}$ (норматив на зерно і соломі) + мікродобриво – 3,2; фон + N_{130} (норматив на зерно) + мікродобриво – 3,5; $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (рекомендоване) + мікродобриво – 4,8. У варіанті $CaCO_3$ (1,0 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (рекомендоване) + мікродобриво було внесено 3,7 т/га вапнякового борошна.

Мінеральні добрива вносили згідно зі схемою досліду у формі аміачної селітри (ДСТУ 7370:2013), амофосу гранульованого марки А (ГОСТ 18918–85) та калію хлористого (ГОСТ 4568–95). Азотні (N_{30}), фосфорні, калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, N_{60} — у ранньовесняне підживлення, решту азоту згідно схеми досліду у фазі кінець куціння.

У фазу весняного куціння і виходу в трубку пшениці озимої проводили позакореневі підживлення мікродобривом Нутрівант Універсальний (N - 18%, P_2O_5 - 18%, K_2O – 18%, MgO – 2%, Cu – 0,0025%, Fe – 0,04%, Mn – 0,02%, Zn – 0,01%, Mo – 0,0025%) у дозі 2кг/га.

Відбір ґрунтових і рослинних зразків проводили з двох несуміжних повторень. Їх відбирали у наступні фази: кущення, вихід у трубку, колосіння, повна стиглість. Хімічний аналіз зразків виконували в лабораторії землеробства та агрохімії Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН (№ 12 від 28.03.2023 року).

Відбір і підготовку ґрунтових зразків для агрохімічного аналізування проводили згідно ДСТУ ISO 11464-2001 із 0-20 і 20-40 см шарів. Їх лабораторний аналіз проведено наступними методами:

- рН_{KCl} – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001);
- гідролітична кислотність за методом Капенна (ДСТУ 7537:2014);
- обмінний кальцій і магній за Шолленбергом у модифікації ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського (ДСТУ 7861:2015);
- легкогідролізний азот за Корнфілдом (ДСТУ 7863:2015);
- рухомі сполуки фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА (ДСТУ 4405:2005);
- польову вологість термостатно-ваговим методом (ДСТУ ISO 11461:2007).

У сухих рослинних зразках пшениці озимої визначали вміст загального азоту, фосфору та калію після мокрого озолення за методом К. Гінзбург з подальшим визначенням: азоту – фотометрично з реактивом Несслера; фосфору – фотометрично за методом Деніже в модифікації А. Левицького; калію – за допомогою полуменевого фотометра [1].

За результатами вмісту елементів живлення у рослинному матеріалі розраховано їх загальний господарський винос урожаєм та витрати на формування одиниці врожаю основної та побічної продукції з площі 1 га.

Отримані величини господарського виносу азоту, фосфору і калію були використані при розрахунку балансів відповідних елементів у варіантах дослідів. Оскільки за вирощування пшениці озимої солома залишалася у полі для подальшого заорювання, відповідно елементи витрачені на її формування поверталися у ґрунт та їх величина не враховувалася, основною витратною статтею елементів був їх винос основною продукцією (зерном). Крім того, для азоту

враховані непродуктивні втрати, які у середньому прийняті за 20 % від дози внесеного азоту. У статті надходження азоту, крім мінеральних добрив і насіння, включені середні показники несимбіотичної азотфіксації (5 кг/га) і ймовірна кількість, що може надійти з опадами (5 кг/га) [5].

Динаміку нагромадження сухих речовин пшениці озимої визначали у фенологічних фазах кущіння, вихід в трубку, колосіння, воскова стиглість. Для цього з кожного варіанту несуміжних повторень брали по 25 рослин у дворазовому повторенні. Проби рослин зважували, висушували при температурі 60°C і перераховували на суху речовину.

Облік врожаю зерна пшениці озимої проводили прямим комбайнуванням і зважуванням із облікової площі за подальшим перерахунком урожайності на 1 га. Перед збиранням культур на всіх варіантах дослідів у двох несуміжних повтореннях відбирали пробні снопи для проведення структурного аналізу.

Вміст клейковини визначали ручним відмиванням згідно ДСТУ ISO 21415-1:2009, білка – ДСТУ ISO 20483:2016, масу 1000 зерен – ДСТУ ISO 520:2015, а натуру зерна згідно ДСТУ 10840:2019.

Дані досліджень аналізували за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA) із подальшим 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.).

Економічну та енергетичну ефективність визначали згідно методик [137].

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ

3.1. Зміна кислотності дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення та вапнування

Фізико-хімічні параметри дерново-підзолистого ґрунту є важливими показниками його якості і мають істотний вплив на розвиток рослин, біоти ґрунту, напрями хімічних та біологічних процесів, мінералізацію органічної речовини, коагуляцію та пептизацію колоїдів, а також на перехід радіонуклідів у рослини.

Потенційна кислотність ґрунту складається з кислотності ґрунтового розчину і кислотності, яка утворюється за рахунок увібраних іонів водню та алюмінію і поділяється на обмінну і гідролітичну. Величина гідролітичної кислотності, яка виявляється при взаємодії ґрунту з розчином гідролітично лужної солі, слугує основою для визначення потреби у вапнуванні та для розрахунку дози вапнякових матеріалів. Внесення останніх, у першу чергу, спрямоване на зниження даного показника [207].

Реакція ґрунтового розчину є одним із основних показників рівня родючості ґрунту та чинником впливу на продуктивність сільськогосподарських культур, оскільки є інтегральним показником цілого комплексу ґрунтових властивостей, від яких залежить формування високого врожаю, основними з яких виступають доступність для рослин рухомих форм поживних речовин та мікроелементів; рухомість алюмінію, накопичення якого у великій кількості (особливо на сильно- та середньо кислих ґрунтах) може негативно впливати на ріст і розвиток більшості сільськогосподарських культур, знижувати врожаї на 20-50% [10].

Вирощування пшениці озимої без проведення хімічної меліорації та удобрення у середньому за 2021–2023 рр. зумовило показник обмінної кислотності у орному шарі на рівні рН 4,12 од., гідролітичної – 2,45 ммоль/100 г ґрунту, що

вказує на сильноокислу реакцію і гостру потребу у вапнуванні досліджуваного дерново-підзолистого ґрунту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Потенційна кислотність дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення і вапнування, середнє за 2021-2023 рр.

Варіант	Шар ґрунту, см	Обмінна кислотність pH_{KCl} , од.	Гідролітична кислотність Нг, ммоль/100 г ґрунту
Без добрив (контроль)	0-20	4,12	2,45
	20-40	4,05	2,61
$CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) – фон	0-20	5,81	1,22
	20-40	5,76	1,26
Фон + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД	0-20	5,67	1,44
	20-40	5,52	1,52
Фон + $N_{130}P_{25}K_{35}$ (нормат. зерно) + МД	0-20	5,74	1,38
	20-40	5,70	1,37
Фон + $N_{150}P_{50}K_{125}$ (нормат. зерно і солома) + МД	0-20	5,64	1,44
	20-40	5,58	1,50
Фон + N_{130} (нормат. зерно) + МД	0-20	5,70	1,41
	20-40	5,64	1,44
$CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД	0-20	6,26	0,94
	20-40	6,15	0,96
$CaCO_3$ (1,0 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД	0-20	6,03	1,02
	20-40	6,00	1,11
НІР ₀₅	0-20	0,14	0,12
	20-40	0,15	0,13

Внесення дози 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ забезпечило підвищення показника pH_{KCl} у 0–20 см шарі на 1,69 од. відносно контролю, при цьому Нг знизилася до 1,22 ммоль/100 г ґрунту; у 20–40 см шарі на 1,71 од. і 1,35 ммоль/100 г ґрунту відповідно, що вказує на позитивну дію хімічного меліоранта щодо нейтралізації кислотності дерново-підзолистого ґрунту.

Порівнюючи види вапнякових матеріалів за сумісного внесення з дозою мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) та дворазовим підживленням мікродобривом встановлено, то застосування 1,0 Нг дози $CaCO_3$ мало вищий

нейтралізуючий ефект порівняно з такою ж дозою $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Наявність підвищеного вмісту кальцію у вапні сприяло зміщенню pH_{KCl} на 1,91 од. у орному шарі, та на 1,95 од. у підорному шарі до контролю, тоді як у варіанті з доломітовим борошном із аналогічним удобренням зміщення у сторону нейтралізації було на рівні 1,55 і 1,47 од. При цьому різниця кислотностей у шарах ґрунту вищезазначених варіантів була істотною за $p \leq 0,05$: обмінної – 0,36 і 0,48 од. та гідролітичної – 0,42 і 0,41 ммоль/100 г ґрунту.

Збільшення дози доломітового борошна до 1,5 Нг за сумісного застосування $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ посилило нейтралізувальну дію матеріалу, що спричинило істотне зниження потенційної кислотності в орному і підорному шарах досліджуваного ґрунту. Так, у середньому за досліджуваний період у 0–20 см шарі показник pH_{KCl} зріс до 6,26 од., тоді як Нг знизився до 0,94 ммоль/100 г ґрунту, що за прийнятою шкалою характеризує рівень кислотності ґрунтового розчину у варіанті як нейтральний. Тобто, за внесення рекомендованої дози мінеральних добрив за вирощування пшениці озимої має значимість доза і вид вапнякового матеріалу. Це підтверджено результатами статистичного аналізу за $p = 0,05$: між величинами кислотностей у варіанті $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + МД існує достовірна різниця відносно інших варіантів дослідів.

Варто зазначити, що у за внесення розрахункових доз мінеральних добрив $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ та $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ за інших однакових умов зміщення pH_{KCl} до рівня 5,64 і 5,74 од. та Нг до 1,44 і 1,38 ммоль/100 г ґрунту у 0–20 см шарі було неістотним порівняно з варіантом удобрення рекомендованою дозою. За ранжуванням рівень кислотності ґрунту зазначених варіантів була наближеним до нейтрального показника.

Отримані у середньому за 2021–2023 рр. дані підтверджують положення, що між рівнем обмінної і гідролітичної кислотності існує зворотна залежність [206]. У досліді за підвищення pH_{KCl} в сторону нейтрального показника, рівень гідролітичної кислотності знижувався, що є наслідком надходження катіонів кальцію і магнію в ґрунт із вапняковими матеріалами. Таким чином, між показниками обмінної та гідролітичної кислотності визначена лінійна зворотна

кореляційна залежність (рис. 3.1).

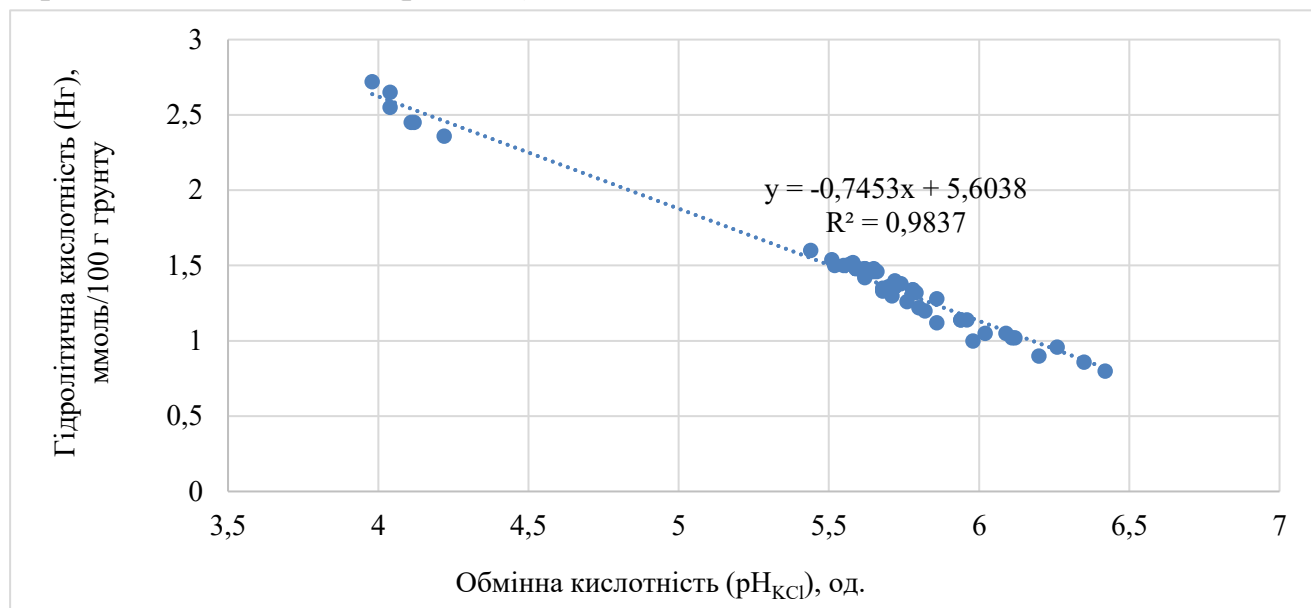


Рис. 3.1. Кореляційна залежність між показниками обмінної та гідролітичної кислотностей, 2021–2023 рр.

Проведені дослідження показали, що поєднання вапнування з внесенням мінеральних добрив поліпшує фізико-хімічні властивості дерново-підзолистого ґрунту. Одержані дані свідчать, що застосування 1,0 Нг доломітового борошна та доз мінеральних добрив відповідно схеми дослід у перший рік внесення забезпечило показник рН 5,64–5,74 од., а за внесення 1,5 Нг - 6,26 од. у орному шарі, який за шкалою ранжування відносять ґрунт варіантів до слабокислих і нейтральних.

3.2. Вміст обмінного кальцію і магнію в провапнованому дерново-підзолистому ґрунті залежно від удобрення

Кальцій і магній є найважливішими елементами у складі катіонів ГВК. Основними показниками характеристики ґрунту наряду із рівнем рН ґрунту, кількістю макро- і мікроелементів, є відсоток насичення ґрунту основами Са та Mg відносно повної обмінної ємкості. Кальцій посилює обмін речовин, відіграє важливу роль у нагромадженні вуглеводів, позитивно впливає на ріст надземних органів і кореневої системи [102]. Магній особливо важливий для рослин: близько

75 % Mg у листі беруть участь в синтезі білка і 15–20 % від загальної кількості Mg пов'язано з хлорофіловими пігментами [325], діючи в основному як кофактор ряду ферментів, що беруть участь в фотосинтетичних захопленнях вуглецю і обміні речовин [265; 292].

Найбільш розповсюдженими відкладами кальцію і магнію в природі є їх карбонатні сполуки, такі як вапняк (CaCO_3), доломіт ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). У ґрунті кальцій і магній частіше зустрічаються у вигляді карбонатних, сульфатних, хлористих, фтористих, боратних, фосфорних, вольфрамових і силікатних сполук, які входять до складу багатьох мінералів. У ґрунтах дерново-підзолистого типу кальцій- і магнійвмісні мінерали присутні у незначних кількостях [121].

Двовалентні катіони у певному співвідношенні (Ca^{2+} і Mg^{2+}) спричиняють коагуляцію ґрунтових колоїдів, поліпшують структуру та аерацію ґрунту. У той час як одновалентні катіони (K^+ , Na^+ , H^+ , NH_4^+) пептизують ґрунтові колоїди, що призводить до погіршення фізико-механічних і водно-фізичних властивостей ґрунту [124].

Тривале застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо азотних у підвищених дозах, інтенсивний глибокий обробіток ґрунту зумовлюють зміни його кислотно-основних властивостей, а також вилучення з верхнього шару кальцію, який має важливе значення у формуванні родючості [126; 193]. За даними Господаренко Г.М. та ін. із основною продукцією врожаю з ґрунту щорічно вилучається від 4 до 6 кг/га кальцію [42].

Кількість магнію головним чином залежить від гранулометричного складу ґрунту і тісно пов'язана з вмістом колоїдної його фракції. Основним фактором, що впливає на біодоступність цього елемента для рослин, є рН ґрунту. Найвища вона, коли рН становить від 5,0 до 7,5. У легких дерново-підзолистих ґрунтах піщаного складу підвищена концентрація іонів водню у ґрунтовому розчині погіршує використання рослинами магнію [155].

Тому усунення надлишкової кислотності шляхом хімічної меліорації є одним із основних чинників підвищення вмісту і доступності кальцію і магнію у дерново-підзолистому ґрунті і, відповідно, врожайності сільськогосподарських культур.

Кальцій і магній вапнякових матеріалів у ході окисно-відновних реакцій, що проходять у ґрунті перетворюється у доступні для польових культур і мікробіоти сполуки. У середньому за роки досліджень найменшим умістом як кальцію, так і магнію характеризувався орний та підорний шари контрольного варіанту (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вміст рухомого кальцію і магнію в дерново-підзолистому ґрунті, середнє за 2021–2023 рр.

Варіант	Глибина відбору, см	Вміст кальцію ммоль/100 г ґрунту	Вміст магнію ммоль/100 г ґрунту	Відношення Ca/Mg
Без добрив (контроль)	0-20	1,47	0,37	3,97
	20-40	1,04	0,34	3,06
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Н _г) – фон	0-20	3,24	1,02	3,18
	20-40	2,76	0,78	3,55
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	0-20	2,87	0,95	3,02
	20-40	2,27	0,71	3,18
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + МД	0-20	2,98	0,98	3,04
	20-40	2,43	0,75	3,26
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + МД	0-20	2,84	0,95	2,99
	20-40	2,19	0,68	3,21
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + МД	0-20	2,81	0,93	3,03
	20-40	1,97	0,66	2,98
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Н _г) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	0-20	3,65	1,18	3,08
	20-40	3,08	0,89	3,47
CaCO ₃ (1,0 Н _г) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	0-20	4,30	0,39	11,03
	20-40	3,59	0,28	12,83
НІР ₀₅	0-20	0,32	0,06	
	20-40	0,29	0,05	

Відсутність додаткового надходження зазначених елементів обумовило вміст кальцію на рівні 1,47 і 1,04 ммоль/100 г ґрунту, магнію 0,37 і 0,34 ммоль/100 г ґрунту у відповідних шарах досліджуваного ґрунту. Застосування 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ без додаткового внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту кальцію на 1,77 і 1,72 ммоль/100 г, вмісту магнію на 0,65 і 0,44 ммоль/100 г ґрунту відповідно у 0–20 і 20–40 см шарі ґрунту порівняно з контролем.

Варто відзначити, що дози мінеральних добрив, використані у досліді, у меншій мірі впливали на накопичення як кальцію, так і магнію у обох досліджуваних шарах ґрунту порівняно з дозами і видами меліорантів.

Порівняння 1,0 Нг і 1,5 Нг доз $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ за внесення рекомендованої дози ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) із додаванням мікродобрива (двічі) на вміст кальцію і магнію вказує на істотну перевагу останньої (див. табл. 3.2). Приріст вмісту кальцію в шарі 0–20 та 20–40 см становив 0,78 і 0,81 ммоль/100 г, магнію 0,23 і 0,18 ммоль/100 г ґрунту відповідно відносно варіанту із такою ж дозою НРК на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Удобрення дозами мінеральних добрив розрахованими нормативним методом на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ не спричиняло істотних змін у вмісті як кальцію, так і магнію порівняно з аналогічним фоном за внесення рекомендованої дози.

Вапно мало більшу ефективність дії на вміст кальцію ніж магнію, тоді як доломітове борошно більше впливало на концентрацію магнію у ґрунті. У варіанті 1,0 Нг дози CaCO_3 за поєднання із $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ і позакореневим внесенням мікродобрива вміст кальцію порівняно з відповідною дозою $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ збільшився на 1,43 ммоль/100 г у 0–20 см шарі і на 1,32 ммоль/100 г ґрунту у 20–40 см шарі, а вміст магнію був на 0,56 і 0,43 ммоль/100 г ґрунту нижчий. Така тенденція розподілу катіонів у більшій мірі пов'язана з хімічним складом використаних вапнякових матеріалів. Як відомо, у складі вапна кількість кальцію значно переважає його показники у доломітовому борошні, тоді як в останньому вміст MgCO_3 становить 55%.

Існує думка, що оптимальне співвідношення кальцію (Ca) до магнію (Mg) у вбирному комплексі ґрунту (ГВК) має становити 4:1 [25]. Дослідження Мазура Г.А.

та ін. [123] свідчать про те, що це співвідношення може варіюватися залежно від типу ґрунту та вирощуваної культури від 40 до 80 частин магнію на 100 частин кальцію. Проте надлишок магнію у ґрунті може негативно впливати на його родючість, за рахунок утворення гуматів Mg, які є токсичними для рослин і пригнічують розвиток їх коренів.

Вапнування доломітовим борошном у різних дозах залежно від системи удобрення пшениці зумовило відношення Ca:Mg у межах 2,99–3,18 для 0–20 см і 2,98–3,55 для 20–40 см шарів ґрунту. Тобто, внесення доломітового борошна на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті із підвищеною кислотністю і низьким природним вмістом магнію не зумовлюють надмірного накопичення останнього, що могло би спричинити погіршення його фізико-хімічних властивостей. Тоді як заміна доломітового борошна на вапно у якості меліоранта призвела до розширеного відношення кальцію до магнію (11,0:1 і 12,8:1 для орного і підорного шарів відповідно), що може створювати дисбаланс у живленні польових культур останнім. Накопичення кальцію у підорному шарі може вказувати на його вимивання на легких за гранулометричним складом ґрунтах, на чому наголошують автори [208; 290].

Методи математичної статистики дозволяють встановити взаємозв'язки між вмістом кальцію і магнію та рівнем обмінної кислотності досліджуваного ґрунту із подальшою якісною оцінкою за шкалою Чеддока (рис. 3.2).

Так для взаємодії вмісту кальцію і $pH_{КСІ}$, що описуються рівняннями регресії поліноміального типу другого порядку, встановлено дуже тісний зв'язок ($R=0,904$), для вмісту магнію істотний ($R=0,503$), що вказує на виключно важливу роль вмісту даних елементів у ґрунті на поліпшення реакції ґрунтового розчину.

Таким чином, дози мінеральних добрив у меншій мірі впливали на розподіл обмінних сполук кальцію і магнію. Підвищення вмісту кальцію відзначено у варіантах застосування в якості меліоранта вапна. Найвищий вміст магнію у ґрунті спостерігався у варіанті із застосування 1,5 Нг дози доломітового борошна сумісно з рекомендованою нормою добрив.

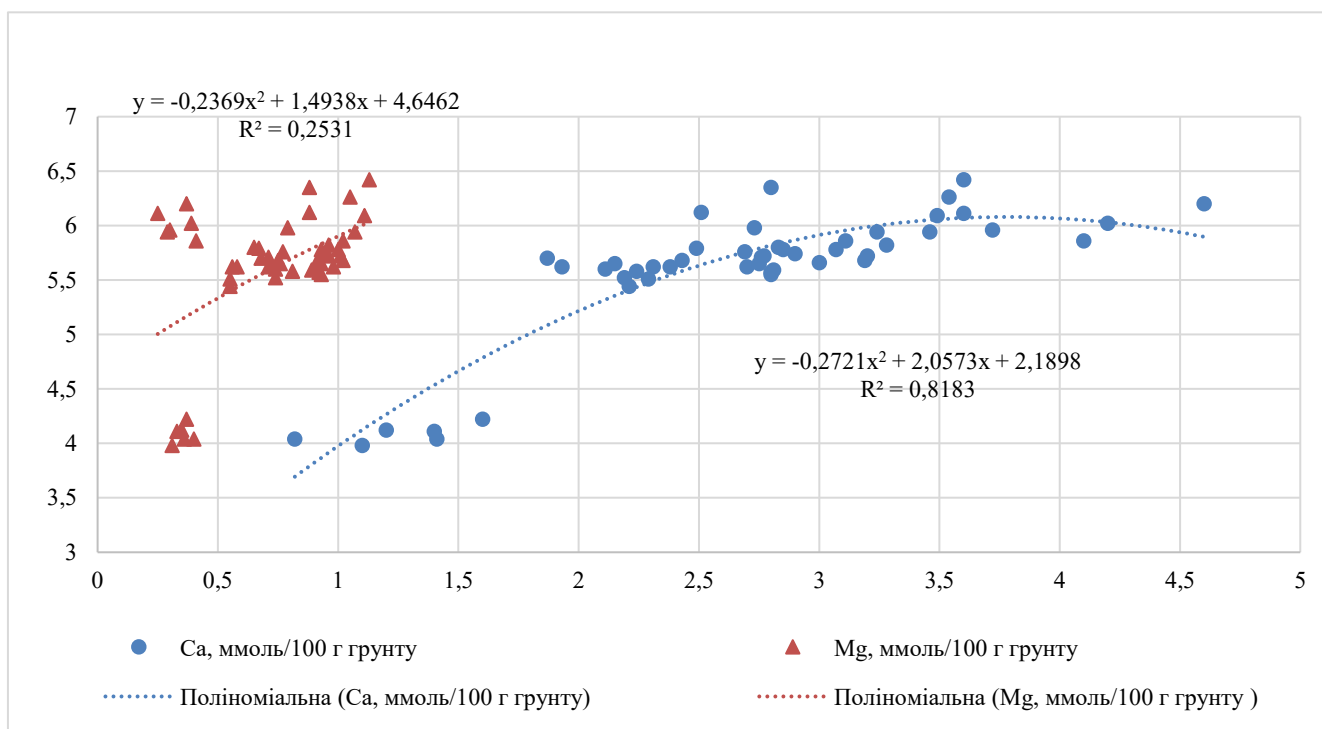


Рис. 3.2. Кореляційна залежність обмінної кислотності (pH_{KCl}) від вмісту обмінного кальцію і магнію (ммоль/100 г ґрунту) у ґрунті, середнє за 2021–2023 рр.

3.3. Вміст легкогідролізних сполук азоту у ґрунті залежно від удобрення і вапнування

Рівень азотного живлення сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах є одним з найбільш важливих чинників, що визначають як величину врожаю, так і його якість. Основним джерелом живлення рослин азотом є його нітратна та амонійна форми [272]. Їх вміст в ґрунті дуже динамічний, тому їх показники можуть характеризувати забезпеченість цим елементом лише на короткий період. Більш стабільним показником забезпеченості ґрунтів азотом можуть служити дані вмісту азоту легкогідролізних органічних сполук, який вважається найближчим резервом поповнення ґрунтових запасів мінерального азоту [118].

Більшість ґрунтів України мають дуже низьку, низьку й незначна їх частина середню забезпеченість азотом, що пов'язано з високим насиченням структури

посівних площ інтенсивними культурами, які вирізняються високим рівнем винесення азоту, та недостатнім використанням добрив. За прийнятою в Україні шкалою оцінювання параметри середньої забезпеченості легкогідролізних сполук за методом Корнфілда становлять 150–200 мг/кг ґрунту [29].

Даний макроелемент найінтенсивніше засвоюється рослинами пшениці озимої в період активного росту, починаючи від фази весняного кушіння і до фази колосіння, тому забезпечення посівів достатнім азотним живленням протягом зазначеного періоду є важливим фактором для підтримання їхньої продуктивності та стійкості [313].

Засвоєння азоту значною мірою залежить від рівня забезпеченості рослин доступними формами фосфору та калію. На фоні підвищеного вмісту цих елементів у ґрунті, а також за поєднання внесення азотних, фосфорних і калійних добрив використання азоту збільшується завдяки поліпшенню синтезу органічних сполук у рослинах [147; 243].

За результатами досліджень у середньому за 2021–2023 рр. на контролі без добрив у фазу кушіння вміст легкогідролізного азоту становив 42,7 мг/кг у 0-20 см шарі та 41,1 мг/кг у 20-40 см у шарі ґрунту, що відповідає низькому рівню забезпечення (табл. 3.3.). Вирощування сільськогосподарської продукції за рахунок природної родючості ґрунту спричиняє його збіднення на сполуки азоту.

У цей же період внесення дози 1,0 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ сприяло збільшенню азоту до рівня 48,1 і 44,9 мг/кг ґрунту відповідно. Насичення ґрунту кальцієм і магнієм за рахунок обмінних реакцій, які відбуваються між катіонами у ґрунті може збільшувати біодоступність амонійного азоту, який входить до складу легкогідролізних сполук.

У фазу кушіння мінеральна система удобрення пшениці озимої на фоні вапнування сприяла істотному збільшенню вмісту азоту як в орному так і підорному шарах дерново-підзолистого ґрунту порівняно з контролем і фоном. Найбільше його накопичення простежується у 0-20 см шарі ґрунту всіх досліджуваних варіантів.

Внесення азотних добрив (N_{120}) у складі рекомендованої дози добрив та розрахованої на винос основною продукцією (N_{130}) як у складі повного мінерального живлення, так і односторонньо на фоні 1,0 дози Нг $CaMg(CO_3)_2$ на час кущення не спричинили істотних змін вмісту легкогідролізного азоту як у 0–20 так і 20–40 см шарі ґрунту.

Таблиця 3.3

Вміст легкогідролізних сполук азоту в ґрунті, мг/кг, середнє за 2021–2023 рр.

Варіант	Глибина відбору, см	Фаза росту і розвитку			
		кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0-20	42,7	40,6	36,9	33,8
	20-40	41,1	37,7	33,9	31,0
$CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) – фон	0-20	48,1	41,7	40,3	37,5
	20-40	44,9	38,6	35,7	33,2
Фон + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД	0-20	55,9	52,1	46,4	43,1
	20-40	50,0	46,1	41,3	37,6
Фон + $N_{130}P_{25}K_{35}$ (нормат. зерно) + МД	0-20	57,4	53,7	48,3	45,0
	20-40	52,5	48,6	42,4	39,3
Фон + $N_{150}P_{50}K_{125}$ (нормат. зерно і солома) + МД	0-20	62,5	58,9	52,8	48,3
	20-40	55,3	50,2	45,1	42,3
Фон + N_{130} (нормат. зерно) + МД	0-20	56,2	52,5	47,2	42,7
	20-40	48,7	45,2	38,8	35,9
$CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД	0-20	59,9	55,8	49,9	46,1
	20-40	51,5	47,5	43,2	40,4
$CaCO_3$ (1,0 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД	0-20	55,3	51,6	45,8	42,8
	20-40	52,6	48,0	42,8	40,1
НІР ₀₅	0-20	2,9	1,9	2,1	1,6
	20-40	2,4	1,6	1,9	1,4

Застосування на фоні 1,5 дози Нг $CaMg(CO_3)_2$ $N_{120}P_{60}K_{90}$ (реком.) + МД сприяло істотному підвищенню вмісту легкогідролізованих сполук азоту на початку весняної вегетації пшениці порівняно з вище зазначеними варіантами, що вказує на позитивний вплив насичення ґрунтового комплексу двовалентними катіонами. За даними Малиновської І. М. [130] вапнування уповільнює

мінералізацію гумусу і органічного азоту, що сприяє збереження лужногідролізних сполук у ґрунті. Проте на час повної стиглості у середньому за три роки підвищений винос азоту урожаєм культури у даному варіанті зумовив показник вмісту легкогідролізних його сполук на рівні варіанту із розрахованою на винос основною продукцією дозою добрив.

Слід зауважити, що внесення дози 1,0 Нг CaCO_3 не мало переваги над дозою 1,0 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ по впливу на вміст легкогідролізних сполук азоту у варіантах із рекомендованою дозою добрив $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ + МД, різниця між варіантами не перевищувала показника HP_{05} при $p \leq 0,05$.

У варіанті внесення розрахункової дози добрив на винос основною і побічною продукцією ($\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$) із дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом на фоні 1,0 дози Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ отримано найвищий вміст легкогідролізних сполук азоту у орному і підорному шарах ґрунту протягом вегетації пшениці озимої, що забезпечило достовірну різницю даних із показниками інших варіантів дослідів при $p \leq 0,05$.

Впродовж вегетації пшениці озимої вміст легкогідролізних сполук азоту в усіх варіантах дослідів істотно зменшувався, що пов'язано з використанням рослинами та частковим перерозподілом по профілю ґрунту, проте тенденція розподілу величини показників за варіантами дослідів зберігалася. Інтенсивніше процес зниження вмісту даних сполук, у межах 5,4–6,1 мг/кг ґрунту в орному та 4,8–6,2 мг/кг ґрунту в підорному шарі, відбувався у період активного формування генеративних органів культури, а саме від фази трубкування до фази колосіння, за внесення повного мінерального добрива на фоні меліорантів. У міжфазний період колосіння–повна стиглість використання азоту з ґрунту рослинами пшениці знижується, відповідно різниця показників вмісту між фазами зменшується.

У фазу повної стиглості у середньому за 2021–2023 рр. залежно від дози удобрення і дози та виду вапнякового матеріалу вміст легкогідролізних сполук азоту на 5,2–14,5 мг/кг у 0–20 см та 2,7–11,3 мг/кг у 20–40 см шарі ґрунту переважав показники контролю і фону, що було істотним за $p \leq 0,05$. Проте слід відзначити, що у варіантах інтенсивного удобрення вмісту азоту від фази кущення до повної

стиглості знизився у 1,2–1,5 рази більше порівняно з контролем. Найбільше (14,2 мг/кг ґрунту у 0–20 см та 13,0 мг/кг ґрунту у 20–40 см шарі) зниження вмісту досліджуваної форми азоту за зазначений період у середньому за 2021–2023 рр. встановлено у варіанті внесення розрахованої нормативним методом дози мінеральних добрив на винос основною і побічної продукції ($N_{150}P_{50}K_{125}$) з дворазовим позакореневим підживленням Нутрівант універсальний на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$.

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 [329], так і з мікробіологічними процесами [114, 287], активність проходження яких значною мірою залежить від погодних умов. Слід відзначити, що умови зволоження, що склалися на період весняно–літньої вегетації пшениці, впливали на вміст легкогідролізних сполук азоту у дерново–підзолистому ґрунті у роки досліджень (Додаток Б 3.3). Аналіз погодних умов показав, що 2021 р. у середньому вирізнявся меншою кількістю опадів порівняно з наступними роками досліджень. Кількість опадів на рівні середньої багаторічної у березні (41,9 мм) та дефіцит у квітні (24,9 мм) не сприяли накопиченню легкогідролізного азоту у ґрунті. У фазу кущення вміст сполук азоту у орному шарі ґрунту у 2021 р. залежно від варіанту дослідження був нижчим на 0,9–4,9 %, ніж у 2022 р. та на 2,3–8,3 % ніж у 2023 р. Подібна тенденція розподілу кількості азоту зберігається протягом вегетації пшениці.

У 2023 р., який вирізнявся більшою кількістю опадів, у варіанті 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ встановлено істотніше (6,0–9,9 %) підвищення вмісту легкогідролізних сполук азоту у всі фази росту і розвитку пшениці озимої у порівняно з 2021 р. Попередніми дослідженнями на дерново–підзолистому ґрунті встановлено, що ефективність доломітового борошна підвищується за помірного одночасного потепління та зволоження клімату [172], що позитивно вплинуло не тільки на зміну реакції ґрунтового середовища, а й на вміст доступних для рослин сполук азоту. Однак, у більш зволожені роки порівняно з 2021 р. у варіанті

застосування N_{130} на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ на час другого періоду вегетації визначено зниження вмісту досліджуваної форми азоту, що може бути зумовлено його вищою інфільтрацією у глиб ґрунтового профілю з опадами, про що свідчить його накопичення у 20–40 см шарі.

Проведений статистичний аналіз вмісту легкогідролізованих сполук азоту у різні фази росту і розвитку пшениці озимої та урожаністю зерна показав існування високого кореляційного зв'язку між показниками (табл. 3.4).

При цьому дуже тісний зв'язок між урожаністю зерна пшениці озимої визначено та вмістом легкогідролізних сполук азоту на початку веняної вегетації культури ($R = 0,961$) та виходу у трубку ($R = 0,957$), що підтверджує важливість забезпечення потреб рослин саме у цей період і необхідність достатнього азотного живлення для формування високих урожаїв зерна.

Таблиця 3.4

Кореляційна залежність урожаності зерна пшениці озимої від вмісту легкогідролізних сполук азоту у 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту, середнє за 2021–2023 рр.

у	х	Фаза росту і розвитку	Параметри рівняння $y=ax+b$		Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції
			а	б	R^2	R
урожайність зерна пшениці озимої	вміст Nлег. 0–20 см шар ґрунту, мг/кг	кущення	0,1549	–4,5820	0,924	0,961
		вихід у трубку	0,1674	–4,6794	0,916	0,957
		колосіння	0,1572	–3,3258	0,613	0,783
		повна стиглість	0,1749	–3,5193	0,636	0,797

За результатами досліджень можна зробити висновок, що вміст легкогідролізного азоту піддається регулюванню внесенням азоту з мінеральними добривами на фоні вапнування. Найвищий вміст, відповідно 62,5 та 55,3 мг/кг ґрунту у фазу кущення і 48,3 та 42,3 мг/кг ґрунту на час повної стиглості в орному та підорному шарах ґрунту був за внесення $N_{150}P_{50}K_{125} + MD$ на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$. Внесення азотних добрив у рекомендованій дозі (N_{120}) та розрахованої

на винос основною продукцією (N_{130}) як у складі повного мінерального живлення так і односторонньо на фоні 1,0 дози Нг $CaMg(CO_3)_2$ не спричинили істотних змін вмісту легкогідролізного азоту як у 0–20 так і 20–40 см шарі ґрунту між варіантами дослідів.

3.4. Вміст рухомих сполук фосфору в дерново-підзолистому ґрунті залежно від удобрення і вапнування

Фосфор є незамінним елементом мінерального живлення рослин, відіграючи ключову роль у процесах енергетичного обміну, бере активну участь у процесах фотосинтезу, дихання та синтезу біологічно активних сполук. Оптимальне забезпечення рослин фосфором є необхідною умовою для досягнення високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур. Науковці зазначають, що підвищення фосфатного рівня ґрунту забезпечує кращі умови для живлення рослин фосфором, особливо в умовах посушливих періодів вегетації [7].

Рівень забезпеченості рослин фосфором визначається комплексом факторів, серед яких: вміст фосфору в ґрунті, його доступність для рослин, реакція ґрунтового розчину, співвідношення з іншими елементами живлення та активність мікроорганізмів, умови зволоження ґрунту [268; 320].

Фосфор надходить у кореневу систему у вигляді окиснених сполук, зазвичай, аніонів ортофосфорної кислоти ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) і включається у процес синтезу макроенергетичних сполук. Процеси перетворення фосфору добрив у ґрунтах дуже складні, а результати досліджень неоднозначні. На ряд питань ще потрібно дати відповідь, зокрема особливості трансформації фосфатів у ґрунтах при одноразовому та систематичному внесенні добрив; на яку глибину ґрунтового профілю відбуваються перетворення фосфатів, як змінюються в часі склад і форми залишків фосфатів [150].

За літературними джерелами відомо, що на вміст фосфорних сполук у ґрунті, крім його властивостей і складу, помітний вплив мають азотні та калійні добрива, що вносяться одночасно, а також сполуки $Ca(OH)_2$, $Ca(HCO_3)_2$, увібраний Ca^{2+} .

Підвищення засвоюваності рослинами фосфору за вапнування зумовлено інтенсифікацією біологічних процесів мінералізації органічних речовин ґрунту в зв'язку з підвищенням рН і утворенням відповідних мінеральних сполук, зокрема доступних для живлення рослин фосфатів кальцію. На кислих дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах спостерігалось підвищення вмісту фосфору в 2 рази від застосування повної за гідролітичною кислотністю дози вапна [138].

За даними дослідників [121] оптимальні параметри вмісту рухомого фосфору в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України пов'язані з рухомістю його сполук і буферної здатності ґрунтів по відношенню до фосфору. Згідно з результатами досліджень, проведених Лико Д. В. [291], за сільськогосподарського використання дерново-підзолистих ґрунтів вміст фосфору в них може наближатися до середнього незалежно від вирощуваних культур. Збереження початкового вмісту фосфору в ґрунті дослідники пояснюють залишенням на полі нетоварної частини урожаю, біопереміщенням із нижніх шарів ґрунту кореневими системами рослин і здатністю сої, яка була попередником пшениці у сівозміні, засвоювати фосфор із важкорозчинних сполук ґрунту [31]. Достовірність вище зазначених тверджень для дерново-підзолистого ґрунту підтверджується результатами досліджень протягом 2021–2023 рр. Уміст рухомих сполук фосфору у орному шарі ґрунту під пшеницею озимою показав високий і дуже високий рівень забезпеченості протягом років досліджень (табл. 3.5).

Вапнування за рахунок перетворення фосфатів зв'язаних із алюмінієм і залізом у кальцієві сполуки має позитивний вплив на підвищення мобільності фосфору у дерново-підзолистому ґрунті [302]. У досліді внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ у середньому за роки досліджень істотно підвищило вміст рухомих сполук фосфору як в орному, так і в підорному шарах порівняно з контролем. Проте, на вміст доступних для живлення рослин сполук фосфору у більшій мірі впливало поєднання вапнування і удобрення (табл. 3.5).

За застосування добрив та меліорантів (1,0 Нг доза) під пшеницю озиму у середньому за 2021–2023 рр. у фазу кущення відзначено підвищення вмісту рухомих сполук фосфору на 41,5–56,6 мг/кг в орному і на 34,9–54,0 мг/кг у

підорному шару ґрунту залежно від доз мінеральних добрив відносно контролю, де вміст рухомих сполук фосфору становив 205,1 і 193,2 мг/кг ґрунту відповідно. Проте вид вапнякових матеріалів не впливав на вміст рухомого фосфору у ґрунті. Внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ порівняно з варіантом 1,0 Нг дози CaCO_3 за сумісного удобрення $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ із додаванням мікродобрива Нутрівант універсальний не забезпечило істотної різниці між варіантами протягом вегетації культури.

Таблиця 3.5

Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті, мг/кг, середнє за 2021-2023 рр.

Варіант	Глибина відбору, см	Фаза росту і розвитку			
		кущання	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0–20	205,1	203,5	199,3	196,4
	20–40	193,2	190,4	185,6	183,2
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) – фон	0–20	244,1	242,3	238,1	235,0
	20–40	229,7	227,0	222,4	220,2
Фон + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + МД	0–20	261,7	258,8	252,4	247,8
	20–40	245,8	243,4	238,1	234,1
Фон + $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ (нормат. зерно) + МД	0–20	251,4	249,1	244,1	239,9
	20–40	234,1	231,1	226,9	224,3
Фон + $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (нормат. зерно і солома) + МД	0–20	258,2	254,9	248,6	243,9
	20–40	244,2	242,3	238,1	234,5
Фон + N_{130} (нормат. зерно) + МД	0–20	246,6	244,6	240,1	237,0
	20–40	228,1	225,1	220,9	218,5
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + МД	0–20	278,4	275,2	268,9	264,6
	20–40	264,3	260,7	254,8	251,4
CaCO_3 (1,0 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + МД	0–20	260,9	258,1	252,0	247,7
	20–40	247,6	244,7	238,6	235,6
HPR_{05}	0–20	13,1	13,1	11,9	10,4
	20–40	13,6	14,8	12,7	12,1

Відсутність фосфору (P_0) за одностороннього внесення азотних добрив у варіанті фон + N_{130} (нормат. зерно) + МД зумовило істотне зниження вмісту рухомих сполук фосфору у 0–20 см і 20–40 см шарах ґрунту протягом вегетації

пшениці озимої порівняно з внесенням рекомендованої дози $N_{120}P_{90}K_{120}$ на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ при $p \leq 0,05$. Тоді як за використання низької дози фосфору (P_{25}) у системі живлення культури у варіанті із розрахованою нормативним методом на винос зерном дозою мінеральних добрив ($N_{130}P_{25}K_{35}$) за інших аналогічних умов порівняно із рекомендованою дозою зниження вмісту фосфору було на рівні статистичної похибки як для орного (10,3–7,9 мг/кг) так і підорного (11,7–9,8 мг/кг) шарів ґрунту протягом веснянно–літнього періоду росту і розвитку пшениці.

У середньому найвищий (278,4 і 264,3 мг/кг) вміст рухомих сполук фосфору у 0–20 та 20–40 см шарах ґрунту отримано у варіанті 1,5 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ із удобренням рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$ і позакореневим внесенням мікродобрива Нутривант універсальний, що забезпечило істотну різницю приросту до показників вмісту у варіанті 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ за аналогічної системи удобрення при $p \leq 0,05$. Однак, використання підвищеної кількості доломітового борошна (1,5 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$) та фосфорних добрив (P_{60}) у складі мінеральної системи удобрення спричинило на час повної стиглості пшениці озимої вміст рухомих сполук фосфору на рівні дуже високої забезпеченості, що може мати негативні екологічні наслідки, враховуючи можливість вимивання фосфатів з орного шару кислих легких за гранулометричним складом ґрунтів, до яких відноситься досліджуваний дерново–підзолистий ґрунт [73].

Упродовж вегетації пшениці озимої у середньому за 2021–2023 рр. відмічалось зменшення вмісту рухомих сполук фосфору як в шарі 0–20 см так і в шарі ґрунту 20–40 см. Це зумовлено потребою рослин пшениці озимої у доступних для живлення сполуках фосфору в усі фази росту і розвитку. Найбільше зниження вмісту рухомого фосфору спостерігалось у період вихід у трубку – колосіння, що пов'язано з створенням рослинами запасу елемента для наливу зерна. Balemi T. 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 [257].

У фазу повної стиглості вміст рухомого фосфору був на рівні 196,4–264,6 мг/кг в орному та 183,2–251,4 мг/кг в підорному шарах ґрунту, що відповідно на 3,7–5,6 та 4,0–5,2 % менше ніж у фазу кущення. На кінець вегетації пшениці озимої у ґрунті зберігається загальна тенденція розподілу вмісту рухомого фосфору між варіантами подібна з фазою кущення.

У роки досліджень (2021–2023 рр.) суттєвої різниці у вмісті рухомих сполук фосфору у ґрунті не виявлено, хоча спостерігалася тенденція його збільшення у більш зволожені роки порівняно з посушливим (Додаток Б 3.4).

За результатами досліджень можна зробити висновок, що удобрення та вапнування мають позитивний вплив у підтриманні достанької забезпеченості рухомими сполуками фосфору. У більшій мірі збільшення вмісту зумовлене застосуванням 1,5 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ сумісно з $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ і мікродобривом (позакоренево), де кількість рухомих сполук фосфору становила 264,3–278,4 і 251,4–264,3 мг/кг ґрунту відповідно в підорному та орному шарах ґрунту. Виключення фосфорних добрив за внесення лише азотних та застосування низької дози фосфору (P_{25}) у системі удобрення пшениці озимої хоча і спричиняло зниження вмісту доступних рослинам сполук фосфору порівняно з рекомендованою дозою, але таке зниження не було критичним і зберігало забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору на високому рівні.

3.5. Вміст рухомого калію в дерново-підзолистому ґрунті залежно від удобрення і вапнування

Для оцінки родючості ґрунтів важливим показником є вміст рухомих сполук калію, тобто тієї частини калійного фонду ґрунту, яка доступна для безпосереднього поглинання рослинами. Більша частина калію в ґрунті міститься у складі мінералів (90–95%), менша – у формі обмінного катіону, а найменша кількість – у ґрунтовому розчині. Саме обмінний і розчинний калій є основним джерелом живлення рослин [43].

Вапнування покращує азотно-фосфорне живлення, особливо в перші роки після внесення вапна, проте може зменшувати доступність калію рослинам внаслідок конкуренції між катіонами кальцію та калію за обмінні позиції в ґрунтовому поглинальному комплексі. Враховуючи це, рослини, особливо калієфіли, можуть відчувати дефіцит калію, що потребує корекції доз калійних добрив [38].

Потреба рослин у калії залежить не лише від загального вмісту цього елемента в ґрунті, але й від виду культури. На одному і тому ж ґрунті одні культури можуть бути достатньо забезпечені калієм, інші – відчувати його явну нестачу [43]. Дослідження показали, що рослини, які активно акумулюють кремній [3; 252; 274] менш чутливі до дефіциту калію. Це пояснюється здатністю корневих систем таких рослин мобілізувати калій з мінералів ґрунту. До таких культур вчені відносять і пшеницю озиму, що зумовлює особливості її калійного живлення.

За результатами досліджень, в умовах дерново-підзолистого зв'язно-піщаного ґрунту в середньому за три роки досліджень вміст рухомого калію під пшеницею озимою змінювався залежно від рівнів удобрення та фаз розвитку рослин. Найбільший вміст рухомих сполук калію відмічений у фазу кущення, 59,6–81,6 та 56,7–75,1 мг/кг відповідно у 0–20 та 20–40 см шарах ґрунту залежно від варіанту досліду. Протягом вегетації він знижувався (табл. 3.6).

На динаміку цих сполук у досліджуваному ґрунті більшою мірою впливало сумісне внесення вапнякового матеріалу і мінеральних добрив, ніж одностороннє застосування доломітового борошна. Так, внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ без удобрення не спричиняло істотному підвищенню вмісту калію відносно контролю як в орному так і підорному шарах ґрунту при $p \leq 0,05$. Нап Т. та ін. [279] на основі узагальнення польових досліджень вказують, що внесення вапна підвищує перетворення обмінного калію на необмінний, що зменшує вміст його доступних сполук для рослин.

Однак, внесення азоту у дозі, розрахованій нормативним методом на винос основною продукцією (N_{130}) на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ підвищило вміст рухомого калію на 8,2–7,3 мг/кг у 0–20 см і на 7,0–6,4 мг/кг у 20–40 см шарі ґрунту

протягом вегетації культури, що було вище показників НІР₀₅ відносно контролю, але між даним варіантом і фоном різниця була меншою за істотну. Це свідчить про те, що саме поєднання з азотними добривами інтенсивніше стимулює мобілізацію калію. Вчені зазначають, що за внесення азотних добрив, які містять амонійну форму, зменшення фіксації K^+ пов'язано з переважанням фіксації NH_4^+ і збільшенням обмінного K^+ [316]. Проте такий варіант удобрення із дисбалансом азотних і калійних добрив, який поширений у сучасному зерновому виробництві, може призвести до безперевного видалення доступного калію культурами, що змінює кількість і статус залишкового калію у загальному пулі ґрунту [309].

Таблиця 3.6

Вміст рухомих сполук калію в ґрунті, мг/кг (середнє за 2021-2023 рр.)

Варіант	Глибина відбору, см	Фаза росту і розвитку			
		кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0–20	59,6	56,7	51,5	47,8
	20–40	56,7	53,5	48,4	45,5
СаMg(CO ₃) ₂ (1,0 Н _Г) – фон	0–20	63,9	60,3	55,4	52,0
	20–40	59,1	56,9	51,5	48,5
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	0–20	74,6	70,0	64,5	61,0
	20–40	71,7	68,7	63,4	60,5
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + МД	0–20	70,4	66,1	60,4	57,1
	20–40	64,6	61,8	56,7	53,5
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + МД	0–20	81,6	76,2	70,4	66,5
	20–40	75,1	71,4	66,4	63,2
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + МД	0–20	67,8	63,6	58,3	55,1
	20–40	63,7	60,7	55	51,9
СаMg(CO ₃) ₂ (1,5 Н _Г) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	0–20	77,7	73,8	68,4	64,3
	20–40	73,7	68,8	63,2	59,7
СаСО ₃ (1,0 Н _Г) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	0–20	73,0	69,8	64,1	60,2
	20–40	67,9	65,1	60,7	56,6
НІР ₀₅	0–20	5,1	4,4	4,5	4,0
	20–40	2,8	3,1	3,4	3,0

Багаточисельні наукові дослідження свідчать, що калійні добрива є найефективнішими за умови їх поєднання з іншими основними елементами живлення рослин, тобто азотом і фосфором [35; 43; 46; 255].

При цьому також відзначається позитивний вплив поєднання удобрення і вапнування на вміст доступних для рослин форм калію [177; 296].

Застосування у досліді на фоні меліорації повного мінерального удобрення також сприяло істотному збільшенню вмісту рухомих сполук калію у досліджуваному ґрунті порівняно з контролем, фоном і односторнім застосуванням азоту. Проте ефективність удобрення залежала від доз добрив, встановлених різними методами та їх поєднання з видами і дозами меліорантів.

Так, за застосування рекомендованої дози $N_{120}P_{60}K_{90}$ на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ із додаванням позакореневого внесення Нутривант універсальний вміст рухомого калію у 0–20 см шарі знизився від 74,6 мг/кг у фазу кущення до 61,0 мг/кг ґрунту на час повної стиглості зерна пшениці. Однак, дані показники не забезпечили перевищення істотної різниці HP_{05} у всі фази росту і розвитку по відношенню до варіантів як із дозою визначеною нормативним методом на винос елементів живлення зерном ($N_{130}P_{25}K_{35}$), так із дозою 1,5 Нг $CaMg(CO_3)_2$ та 1,0 Нг $CaCO_3$ за інших однакових умов між варіантами порівняння.

Заміна доломітового борошна на вапнякове обумовила зниження показника рухомого калію на 1,6–0,8 мг/кг в шарі 0–20 см, що було неістним. За 1,5 дози $CaMg(CO_3)_2$ та рекомендованої дози ($N_{120}P_{90}K_{120}$) також відмічено лише тенденцію збільшення вмісту рухомих сполук калію на 3,3–3,1 мг/кг в орному і 2,0–0,8 мг/кг в підорному шарах ґрунту порівняно із аналогічним варіантом застосування 1,0 дози доломіту.

Найбільш дієвою по впливу на вміст рухомого калію у досліді була доза добрив розрахована нормативним методом із урахуванням виносу елементів живлення з ґрунту із зерном і відповідною кількістю побічної продукції ($N_{150}P_{50}K_{125}$), внесена на фоні 1,0 дози $CaMg(CO_3)_2$ із додаванням мікродобрива. Вмісту калію у 0–20 см шарі у цьому варіанті змінювався від 81,6 до 66,5 мг/кг ґрунту у фази росту і розвитку рослин пшениці і забезпечив істотну різницю

порівняно з вмістом у інших варіантах досліду, за винятком застосування рекомендованої дози добрив на фоні 1,5 Нг СаMg(CO₃)₂. У 20–40 см шарі ґрунту даного варіанту вміст рухомих сполук калію істотно не переважав показники, отримані у варіанті з N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ на фоні 1,0 і 1,5 Нг СаMg(CO₃)₂, що може бути підтвердженням посиленої фіксації калію ґрунтом за внесення високих доз калійних добрив на фоні вапнякових матеріалів та інтенсивним споживанням калію вищими врожайми пшениці озимої.

Вміст рухомого калію в ґрунті упродовж вегетації до фази повної стиглості зерна пшениці озимої зменшувався порівняно з початком вегетації, що пояснюється виносом даного елемента живлення сформованим урожаєм пшениці озимої. Більша різниця між вмістом рухомого калію у міжфазний період росту і розвитку пшениці озимої визначена у варіантах із повною мінеральною системою удобрення. При цьому найбільші зміни отримані у варіанті N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ на фоні 1,0 Нг СаMg(CO₃)₂. Так, від фази кушення до повної стиглості у 0–20 см вміст калію знизився на 15,1 мг/кг, а у 20–40 см на 11,9 мг/кг ґрунту.

Статистичний аналіз взаємодії усереднених за роки досліджень показників вмісту рухомих сполук калію у різні фази росту і розвитку пшениці озимої та урожайності зерна показав пряму кореляційну залежність (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Кореляційна залежність урожайності зерна пшениці озимої від вмісту рухомих сполук калію у 0–20 см шарі дерново-підзолистого ґрунту, (середнє за 2021–2023 рр.)

у	х	Фаза росту і розвитку	Параметри рівняння y=ax+b		Коефіцієнт детермінації R ²	Коефіцієнт кореляції R
			а	б		
урожайність зерна пшениці озимої	вміст K ₂ O у 0–20 см шар ґрунту, мг/кг	кушення	0,1357	–5,7499	0,904	0,951
		вихід у трубку	0,1469	–5,9373	0,892	0,944
		колосіння	0,1507	–5,3865	0,881	0,939
		повна стиглість	0,1560	–5,1500	0,903	0,950

У ході розрахунків визначено, що зв'язок між урожайністю зерна пшениці озимої і вмістом рухомих сполук калію незалежно від фази розвитку культури дуже високий, а коефіцієнт кореляції перебуває у межах 0,939–0,950. Тобто, для дерново–підзолистого зв'язнопіщаного ґрунту забезпечення потреб рослин пшениці озимої є основним чинником для високої продуктивності пшениці озимої.

У роки досліджень (2021–2023 рр.) суттєвої різниці у вмісті рухомих сполук калію як у орному, так і підорному шарах ґрунту не виявлено, хоча спостерігалася тенденція його збільшення у більш зволожені роки порівняно з посушливим 2021 р. (Додаток Б 3.5).

За результатами досліджень можна зробити висновок, що внесення калію у складі повного мінерального удобрення на фоні вапнування призводить до істотного збільшення вмісту його рухомих сполук у дерново–підзолистому ґрунті порівняно як з контролем, так і фоном. Найбільший його вміст спостерігався протягом вегетації пшениці озимої за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобрино (двічі) на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ і коливався від 81,6 мг/кг у фазу кущення до 66,5 мг/кг повної стиглості в орному та від 75,1 мг/кг до 63,2 мг/кг у відповідні фази в підорному шарах ґрунту. У ході вегетації внаслідок споживання рослинами вміст рухомих сполук калію знижувався, на що вказує дуже сильний кореляційний зв'язок ($R = 0,939–0,950$) між урожайністю зерна та вмістом рухомих сполук калію у 0–20 см шарі ґрунту для всіх фаз вегетації.

Висновки до розділу 3

1. Без хімічної меліорації (контроль) ґрунт характеризувався сильнокислою реакцією (рН 4,12) і був малопридатним для вирощування пшениці озимої. На фоні дози $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг), встановленої за гідролітичною кислотністю, залежно від варіантів удобрення обмінна кислотність ґрунтового розчину (pH_{KCl}) варіювала у середньому за роки досліджень у межах 5,67–5,74 од. Збільшення дози $CaMg(CO_3)_2$ до 1,5 дози Нг знизило кислотність до pH_{KCl} 6,26. На фоні застосування вапняного

борошна (1,0 за Нг) pH_{KCl} ґрунтового розчину становив 6,03, тобто $CaCO_3$ порівняно з $CaMg(CO_3)_2$ проявив дещо кращу нейтралізаційну здатність.

2. Проведення удобрення різними дозами мінеральних добрив на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ забезпечило підвищення вмісту кальцію відносно контролю на 1,34–1,51 ммоль/100 г у орному шарі та на 0,93–1,39 ммоль/100 г у підорному шарах ґрунту, магнію на 0,56–0,81 та 0,32–0,41 ммоль/100 г відповідно. При цьому відношення Ca:Mg було оптимальним, тоді як внесення рекомендованої дози добрив ($N_{120}P_{60}K_{90}$) на фоні 1,0 Нг дози $CaCO_3$ зумовило зменшення вмісту магнію в ґрунті до 0,39 ммоль/100 г за найвищого (4,30 ммоль/100 г ґрунту) вмісту кальцію, що створює несприятливий кальцій-магнієвий дисбаланс у мінеральному живленні пшениці озимої.

3. Вміст легкогідролізних сполук азоту у ґрунті знижується від фази весняного кушіння пшениці озимої до збирання: у шарах 0–20 см і 20–40 см на 8,9 і 10,1 мг/кг у контролі та на 12,4–14,2 і 11,1–13,2 мг/кг залежно від удобрення, що вказує на високу потребу культури в цьому елементі. Це підтверджує тісний кореляційний зв'язок між урожайністю зерна та вмістом азоту у фазах кушіння ($R = 0,961$) і виходу в трубку ($R = 0,957$).

Максимальний вміст азоту зафіксовано у фазах кушіння (62,5 мг/кг у 0–20 см, 55,3 мг/кг у 20–40 см) та повної стиглості (48,3 і 42,3 мг/кг) у варіанті $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобриво (двічі) на фоні $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг), що забезпечило достовірну різницю при $p \leq 0,05$ відносно інших варіантів у досліді. Внесення N_{120} (рекомендована доза) та N_{130} (розрахована нормативним методом за виносом основною продукцією) на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ не спричинило істотних змін вмісту азоту у 0–20 і 20–40 см шарах. Внесення 1,0 Нг $CaCO_3$ не перевищувало ефективність $CaMg(CO_3)_2$ щодо вмісту сполук азоту.

4. Найвищий вміст рухомих сполук фосфору у 0-20 см шарі – 264,6–278,4 мг/кг ґрунту залежно від фази культури встановлено у варіанті $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг) + $N_{120}P_{60}K_{90}$ + МД. За аналогічного удобрення на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ їх вміст був на 16,4–16,8 мг/кг ґрунту меншим, що вказує на сприятливий вплив підвищеної дози меліоранта на перехід важкодоступних форм фосфору у легкодоступні.

Внесення низької дози фосфору у складі $N_{130}P_{25}K_{35}$ (нормат. зерно) + МД на фоні 1,0 дози Нг $CaMg(CO_3)_2$ хоча і призводило до зменшення вмісту доступних для рослин сполук фосфору у фазу повної стиглості на 7,9 і 9,8 мг/кг ґрунту в орному і підорному шарах порівняно з рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$, проте ця різниця була неістотною при $p \leq 0,05$, що зберігало забезпеченість рухомими формами фосфору на високому рівні. Протягом вегетації вміст рухомих сполук фосфору на час повної стиглості пшениці озимої знизився на 3,7–5,6 у 0–20 см та 4,0–5,2 % у 20–40 см шарі порівняно з фазою весняного кушення.

5. Вміст рухомих сполук калію у орному шарі ґрунту насамперед варіював залежно від дози калію у системі удобрення пшениці озимої. У фазу кушення (81,6 мг/кг ґрунту) та на час повної стиглості (66,5 мг/ кг ґрунту) пшениці озимої найвище значення показника зафіксовано за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ + МД на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$. На час повної стиглості вміст рухомих сполук калію в ґрунті залежно від варіантів дослідів знизився порівняно з фазою кушення на 17,2–19,8 %. На фоні застосування хімічних меліорантів спостерігалась тенденція до покращення забезпеченості ґрунту рухомими формами калію в межах HP_{05} дослідів. Кореляційний аналіз підтвердив дуже високий рівень зв'язку ($r = 0,939–0,950$) між урожайністю зерна пшениці озимої та вмістом рухомого калію у ґрунті, що свідчить про ключову роль калійного живлення у підвищенні продуктивності культури на дерново-підзолистих ґрунтах.

Опубліковані результати за матеріалами розділу [235; 249]

РОЗДІЛ 4

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВОДОСПОЖИВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

4.1. Фотосинтетична діяльність пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування

Одним із важливих факторів формування високих врожаїв пшениці озимої є збільшення продуктивності фотосинтезу. Доведено, що інтенсивність фотосинтезу і накопичення органічної речовини визначається площею асиміляційної поверхні листків, яка в свою чергу залежить від умов вирощування. Також встановлено, що зниження асимілюючої поверхні призводить до зменшення продуктивності рослин, тоді як оптимальна врожайність пшениці озимої формується, коли площа листків у 3,5–4,0 рази перевищує зайняту площу поля [58]. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальним фактором продуктивності фотосинтезу, який зумовлює кількісні та якісні показники врожаю [2; 18; 60; 62].

На формування площі листової поверхні та тривалість функціонування листового апарату впливає ряд різноманітних чинників, серед яких важливе значення має рівень мінерального живлення, кількісного та якісного складу елементів живлення, водозабезпеченість тощо [60; 69; 161; 300; 301]. За вирощування багатьох сільськогосподарських культур у різних зонах встановлено, що саме рівень живлення значною мірою впливає на наростання надземної біомаси, у тому числі кількості і площі листків у її складі [66; 141; 192].

За результатами досліджень встановлено, що залежно від рівня мінерального живлення і хімічної меліорації в процесі росту і розвитку пшениці озимої сформувались рослини з різними показниками площі листової поверхні, що в подальшому вплинуло на загальну асиміляційну поверхню агроценозу.

За вирощування сорту Астарта впродовж 2021-2023 рр. площа листя посівів наростала від фази кущення до фази виходу в трубку з подальшим зниженням у фазу колосіння, у зв'язку із перерозподілом пластичних речовин у рослинах та їх закономірним відтоком від вегетативних органів на утворення зерна. Доведено, що

на фоні вапнування незалежно від виду вапнякового матеріалу за внесення добрив відбувається істотне збільшення площі листової поверхні рослин пшениці озимої як порівняно з контролем, так і фоном. Абсолютні величини показника залежали від фази росту і розвитку культури (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Площа листової поверхні пшениці озимої залежно від різних систем
удобрення і вапнування, тис.м²/га, середнє за 2021-2023 рр.**

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	кущення	вихід в трубку	колосіння
Без добрив (контроль)	3,13	7,07	4,08
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	4,44	10,41	6,32
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобри́во	7,97	23,66	11,01
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобри́во	8,45	25,03	12,1
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобри́во	9,80	28,39	13,94
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобри́во	7,15	21,0	9,06
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобри́во	8,51	23,92	11,28
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобри́во	7,81	22,39	10,08
НІР ₀₅	1,01	4,02	1,22

Так, найменшими ці показники були у фазу кущення в усіх варіантах дослідів – 3,13–9,80 тис.м²/га. У фазу виходу в трубку спостерігали інтенсивне наростання асиміляційної поверхні до 7,07–28,39 тис.м²/га. Тоді як у фазу колосіння площа зменшилася і у середньому становила 4,08–13,94 тис.м²/га.

Величина асиміляційної поверхні пшениці озимої у більшій мірі залежала від доз удобрення, ніж доз хімічних меліорантів. На початку весняної вегетації рослин пшениці озимої у фазу кущення найнижча площа листової поверхні – 3,13 тис. м²/га відмічалась у контролі (без добрив). Внесення різних доз добрив на фоні вапнування дозою 1,0 Нг CaMg(CO₃)₂ зумовило зростання цього показника в 1,04–

3,12 рази і було найвищим (8,45–9,80 тис. м²/га) за внесення розрахункових доз мінеральних добрив (N₁₃₀P₂₅K₃₅ та N₁₅₀P₅₀K₁₂₅).

Позитивні зміни у формуванні асиміляційного апарату за рахунок удобрення та хімічних меліорантів відбулися і у фазу виходу в трубку. В цей період росту і розвитку площа асиміляційного апарату рослин на 125,9-191,7 % переважала показники, отримані у відповідних варіантах у фазу кущення. За внесення мінеральних добрив у дозі N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ на фоні 1,0 Нг дози СаМg(СО₃)₂ формувалися посіви з найвищими параметрами площі фотосинтезуючої поверхні – 28,39 тис. м²/га, що у чотири рази перевищувало контроль і в 1,4 рази фон. У варіанті із застосуванням на фоні вапнування лише азотних добрив у дозі N₁₃₀ прослідковано зниження площі листового апарату посівів на 12,7-35,2 % порівняно з повним мінеральним удобренням рекомендованою (N₁₂₀P₆₀K₉₀) і розрахунковими (N₁₃₀P₂₅K₃₅ і N₁₅₀P₅₀K₁₂₅) дозами.

У фазу колосіння площа листової поверхні посівів пшениці озимої знизилась у 1,7–2,3 рази до попередньої фази виходу в трубку, що пов'язано із фізіологічними змінами в рослинах і відмиранням листового апарату у нижньому ярусі рослин. Найбільша площа листя посівів відмічалась у варіантах із внесенням мінеральних добрив, розрахованих нормативним методом на фоні 1,0 Нг СаМg(СО₃)₂: 12,1 тис. м²/га за на виносом основною продукцією (N₁₃₀P₂₅K₃₅) і 13,9 тис. м²/га - основною і побічною продукцією (N₁₅₀P₅₀K₁₂₅), що у більшій мірі зумовлено кількістю азоту у системі удобрення культури у даних варіантах.

Отримані результати свідчать, що за рекомендованої дози удобрення вапнування 1,0 Нг дозою СаСО₃ менш ефективно порівняно з 1,0 Нг дозою СаМg(СО₃)₂, де площа листя посівів була вищою на 2,1 %, 5,7 і 9,2 % у відповідні фази росту і розвитку культури.

Дослідження показали, що площа асиміляційної поверхні посівів змінювалась не лише під впливом досліджуваних чинників, а й від погодних умов року. Найкращі умови для її формування спостерігалися у 2022 р., при цьому площа становила 6,39-34,05 тис. м²/га, тоді як у 2021 та 2023 роках цей показник був

нижчий у середньому в 1,2-1,3 рази, що в подальшому вплинуло на формування продуктивності рослин (Додаток В 4.1).

Доведено, що між величиною площі листя посівів і рівнем урожайності існує дуже високий кореляційний зв'язок (рис. 4.1).

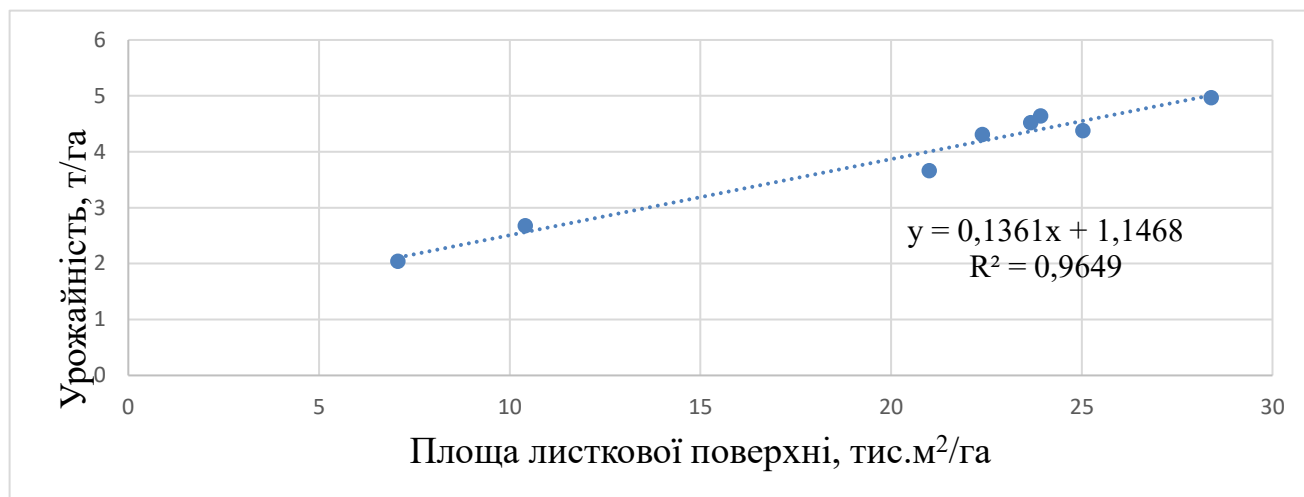


Рис. 4.1. Кореляційна залежність між площею листкової поверхні та врожайністю зерна

У результаті досліджень протягом 2021-2023 рр. встановлено, що комплексне застосування хімічної меліорації, удобрення мінеральними та мікродобривами сприяло оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів і її змінам впродовж вегетаційного періоду.

Тривалість функціонування сформованої асиміляційної поверхні є однією з важливих умов забезпечення високої продуктивності культури й виражається показником фотосинтетичного потенціалу, який узагальнено характеризує фотосинтетичну діяльність рослин упродовж періоду вегетації. Залежно від умов вирощування культури він може варіювати в значних межах. Фотосинтетичний потенціал змінювався залежно від розміру площі листкової поверхні в період вегетації, яка, у свою чергу, залежала від внесення різних доз мінеральних добрив та хімічних меліорантів (табл. 4.2).

Внесення мінеральних добрив на фоні вапнування підвищувало величину показника фотосинтетичного потенціалу до 0,42–0,57 млн м² добу/га у міжфазний період кушення-вихід у трубку та до 0,45–0,64 млн м² добу/га у міжфазний період

вихід у трубку-колосіння, що більше порівняно з контролем в 2,6–3,8 рази. Найбільший (0,64 млн м² доб. /га) показник фотосинтетичного потенціалу посіву пшениці озимої у період росту і розвитку рослин кущення–вихід у трубку, вихід у трубку–колосіння був сформований на фоні 1,0 Нг СаМg(СО₃)₂. за дози удобрення N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ із дворазовим позакореневим підживленням мікродобрином.

Таблиця 4.2

Фотосинтетичний потенціал пшениці озимої залежно від різних систем удобрення і вапнування, млн м² доб. /га, середнє 2021-2023 рр.

Варіант	Період росту і розвитку рослин	
	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння
Без добрив (контроль)	0,15	0,17
СаМg(СО ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0,22	0,25
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобрино	0,47	0,52
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобрино	0,50	0,56
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобрино	0,57	0,64
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобрино	0,42	0,45
СаМg(СО ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобрино	0,49	0,53
СаСО ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобрино	0,45	0,49
НІР ₀₅	0,07	0,06

Сама по собі величина фотосинтетичного потенціалу ще не говорить у повній мірі про продуктивність фотосинтезу, так як при розрахунку цього показника не враховується інтенсивність накопичення сухої речовини в умовах вирощування рослин. У зв'язку з цим, для більш повної оцінки фотосинтетичної діяльності рослин пшениці озимої також використовують показник чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ), який визначає кількість сухої речовини, що утворюється в процесі фотосинтезу протягом доби з розрахунку на 1 м² листя. За дослідженнями І. Т. Нетіса визначено, що приріст сухої речовини листової поверхні пшениці озимої на 1 м² за добу може коливатися від 1,1 до 9,8 г залежно від фази розвитку

рослин і агротехніки вирощування [145]. У ході аналізування чистої продуктивності фотосинтезу можна встановити критичні періоди росту і розвитку пшениці озимої та фактори, що прискорюють чи уповільнюють вказаний процес.

За результатами досліджень кожний метр квадратний площі листової поверхні посівів пшениці озимої у період кушіння–вихід у трубку сформував від 4,72 до 5,85 г сухої речовини за добу в залежності від досліджуваних чинників (рис. 4.2).

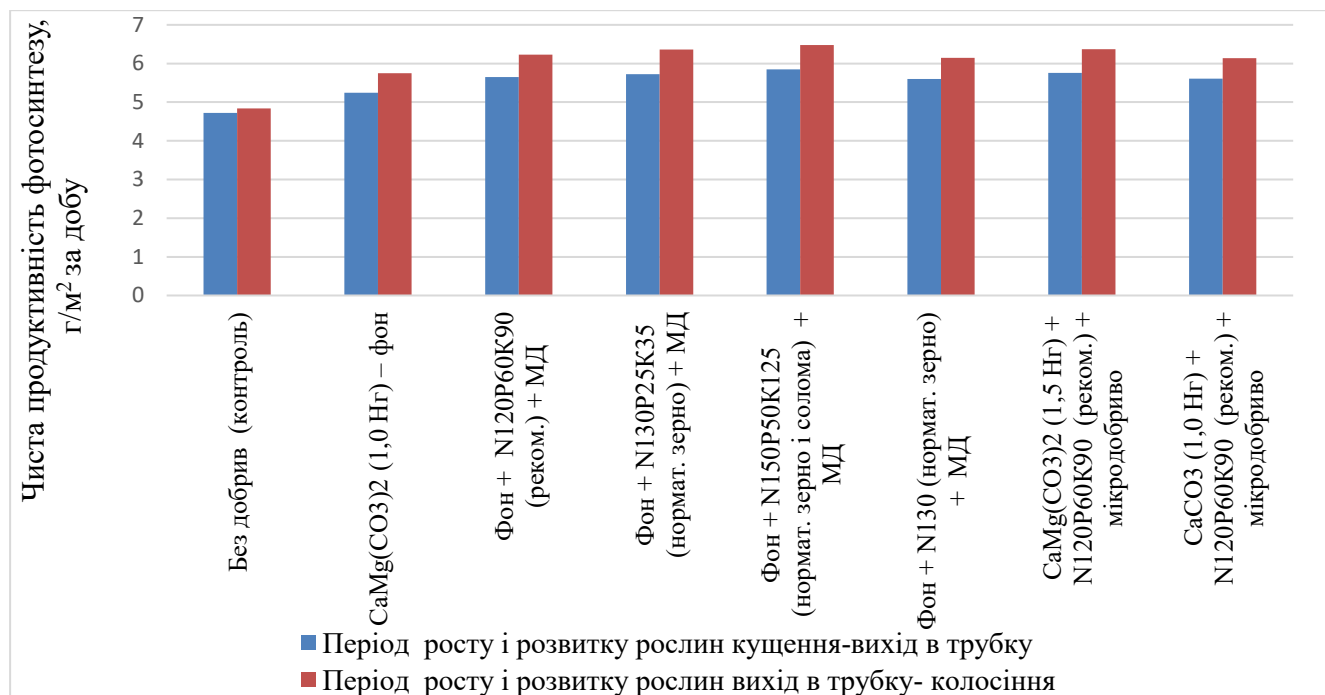


Рис. 4.2. Залежність чистої продуктивності фотосинтезу рослин пшениці озимої від удобрення та вапнування, середнє за 2021-2023 рр.

Встановлено, що чиста продуктивність фотосинтезу пшениці озимої більшою мірою залежала від доз мінеральних добрив, ніж доз хімічних меліорантів. За внесення мінеральних добрив на фоні вапнування даний показник зростав у період кушіння–вихід у трубку на 18,6-23,9%, вихід у трубку–колосіння - на 26,8-33,9% до контролю (без добрив). Найвища чиста продуктивність фотосинтезу асиміляційного апарату рослин у середньому за роки досліджень була встановлена на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ за внесення N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ і проведення позакореневих підживлень і становила 5,85 г/м² і 6,48 г/м² за добу у відповідні періоди вегетації культури, що на 0,61 і 0,73 г/м² за добу переважало фон. За нижчих норм добрив,

особливо азоту у складі повного мінерального удобрення, чиста продуктивність посівів була нижчою за попередній варіант, але істотною порівняно з фоном. Внесення 1,5 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ за мінерального удобрення $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродобриво не мало переваги над 1,0 Нг дозою $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Різниця між показниками на рівні 0,11 і 0,14 г/м² за добу була неістотною.

Отже, умови мінерального живлення рослин, створені різними дозами добрив і їх поєднаннями із хімічними меліорантами мають значний вплив на формування та ефективність функціонування листкового апарату пшениці озимої. Найбільша площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу у фазі кущіння, виходу в трубку та колосіння сформувалися за внесення на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ мінеральних добрив у дозі, розрахованій на винос NPK основною і побічною продукцією ($\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$) за додавання мікродобрива Нутривант універсальний позакоренево (двічі). Максимальні показники фотосинтетичної діяльності рослин пшениці озимої відзначені у фазі виходу в трубку.

4.2. Вплив мінерального живлення та хімічних меліорантів на динаміку наростання сухої речовини в рослинах

Формування посівів із оптимальною площею листкової поверхні – найважливіша умова отримання високих врожаїв, яка може бути діагностичним показником врожайності [28; 139]. У багатьох випадках між величиною надземної маси та врожаєм зерна існує зв'язок – чим більша вегетативна маса, тим вищий врожай зерна.

Ряд досліджень, проведених українськими та зарубіжними вченими [14; 157; 188; 293] вказують на те, що накопичення сухої речовини в рослинах пшениці озимої пов'язане з їхнім забезпеченням вологою, елементами живлення та залежить від агротехнічних заходів вирощування. Порушення мінерального живлення зумовлює менш інтенсивне накопичення сухої речовини рослиною та окремими її органами.

За результатами досліджень встановлено, що вміст сухої речовини в рослинах пшениці озимої змінювався і коливався в межах 18,4–23,8% у фазу кущення, 26,9–35,2% у вихід у трубку і 35,2–41,6% у фазу колосіння залежно від досліджуваних чинників (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вміст сухої речовини залежно від різних систем удобрення і вапнування, %, середнє за 2021-2023 рр.

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	кущення	вихід в трубку	колосіння
Без добрив (контроль)	23,8	35,2	41,6
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	21,3	33,7	39,3
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	20,3	28,9	36,7
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	19,9	28,7	36,6
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	18,7	27,0	35,9
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	18,4	27,3	35,6
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	18,6	26,9	35,2
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	19,3	28,3	36,3
НІР ₀₅	1,89	2,10	1,67

Аналізуючи отримані результати, можна відзначити, що вміст сухої речовини зменшувався із застосуванням добрив та вапнування порівняно з контролем. Якщо у контролі зафіксовано найвищий рівень сухої речовини: 23,8% у фазі кущення, 35,2% у фазі виходу в трубку та 41,6% у фазі колосіння, то внесення доломітового борошна CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) знизило ці показники до 21,3-39,3%, що свідчить про зменшення сухої речовини в рослинах.

Покращення умов мінерального живлення зумовило зменшення вмісту сухої речовини у варіантах досліду. Це може бути наслідком дії декількох факторів. По-перше, підвищене мінеральне живлення стимулює інтенсивний вегетативний ріст,

що збільшує вміст вологи в рослинних тканинах, а це, своєю чергою, знижує концентрацію сухої речовини. По-друге, надлишкове внесення азотних добрив може спричинити підвищене накопичення нітратів, що впливає на баланс поживних елементів у рослинах та може зменшувати частку сухої речовини [163].

Визначено, що за внесення на фоні вапнування 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ рекомендованої дози мінеральних добрив $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ та мікродобрива Нутривант універсальний вміст сухої речовини залежно від фази росту і розвитку пшениці озимої знизився на 3,5–6,3% порівняно з варіантом без добрив. Зі збільшенням дози до 1,5 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ порівняно з вище зазначеним варіантом уміст сухої речовини зменшився на 1,5–2,0%, проте ця різниця є неістотною за $p \leq 0,05$.

Подібна тенденція зміни вмісту сухої речовини у період вегетації пшениці озимої порівняно з рекомендованою дозою мінеральних добрив відмічена у варіантах із розрахунковими дозами добрив. Зміни величин були неістотними у всі фази росту і розвитку. Заміна доломітового борошна вапняковим в якості хімічних меліорантів під пшеницю озиму за внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ + мікродобриво не спричинила істотного зниження вмісту сухої речовини за різниці між показниками у варіантах 0,4-1,0 %.

Найнижчий вміст сухої речовини у середньому за 2021-2023 рр. на фоні 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ отримано за удобрення лише N_{130} з додаванням мікродобрива (двічі). Ростове розведення за додатнього надходження азоту покращило інтенсивність росту рослин, але призводило до зниження вмісту сухої речовини в усі фази росту і розвитку культури.

Вміст сухої речовини має безпосереднє відношення до енергетичної цінності культури. В зв'язку з цим важливим є вивчення динаміки накопичення сухої речовини рослинами пшениці озимої [139; 267].

Величина врожаю обумовлюється нагромадженням сухої речовини рослинами. Якщо до фази цвітіння приріст сухої речовини зосереджується у вегетативній масі, то після запліднення пшениці озимої основна частина сухої речовини використовується на формування і налив зерна [201]. Спрямованість процесу накопичення сухої речовини та перерозподіл між продукуючою та

запасаючою системами є однією з оцінок рівня продуктивності, а система удобрення є одним з швидкодіючих факторів, які здатні впливати на хід даних процесів.

За результатами досліджень з накопичення впродовж вегетаційного періоду встановлена динаміка збільшення наростання сухої речовини у міру проходження фаз розвитку, яка досягла максимуму у фазу колосіння.

Доведено, що залежно від удобрення та хімічних меліорантів у всі фази росту і розвитку рослин пшениці озимої кількість сухої речовини у варіантах, що удобрювалися, перевищувала її показники у варіанті без добрив (контроль) (табл. 4.5). За внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ накопичення сухої речовини збільшилося у фазу кущення на 0,14 т/га; виходу в трубку – 0,53 т/га; колосіння – 1,22 т/га порівняно з контролем (без добрив).

Таблиця 4.5

Динаміка накопичення сухої речовини в рослинах пшениці озимої залежно від різних систем удобрення і вапнування, т/га, середнє 2021-2023рр.

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	кущення	вихід в трубку	колосіння
Без добрив (контроль)	0,40	1,11	1,97
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) – фон	0,54	1,64	3,19
Фон + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродобриво	0,83	3,51	6,71
Фон + $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ (нормат. зерно) + мікродобриво	0,86	3,72	7,22
Фон + $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	0,91	4,32	8,44
Фон + N_{130} (нормат. зерно) + мікродобриво	0,72	3,04	5,78
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродобриво	0,81	3,55	6,77
CaCO_3 (1,0 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродобриво	0,74	3,25	6,2
НІР ₀₅	0,11	0,75	1,06

За диференційованого збільшення внесення мінеральних добрив зростає і рівень накопичення посівами сухої біомаси. Так на фоні $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) за різних доз мінеральних добрив накопичення сухої речовини було в межах 0,72–0,91 т/га в фазу кущення, 3,04–4,32 т/га - виходу в трубку, 5,78–8,44 т/га - колосіння.

Найбільші показники накопичення сухої речовини на фоні вапнування забезпечило застосування $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + мікродоброво (двічі), які становили у фазу кущення – 0,91 т/га, виходу в трубку – 4,32, колосіння – 8,44 т/га. Відповідно прирости до контролю становили 0,51 т/га, 3,21 і 6,47 т/га.

Порівняння впливу видів вапнякових матеріалів за внесення рекомендованої ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) дози добрив на вихід сухої речовини протягом вегетації пшениці озимої у середньому за 2021–2023 рр. дозволило встановити, що 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ забезпечує вище накопичення сухої речовини на 0,09–0,51 т/га порівняно з 1,0 Нг дози CaCO_3 , що може бути наслідком поліпшення магнієвого живлення культури за внесення доломітового борошна у ґрунт.

Між величиною накопичення сухої речовини та урожайністю зерна пшениці озимої отримано тісну пряму кореляційну залежність (рис 4.3).

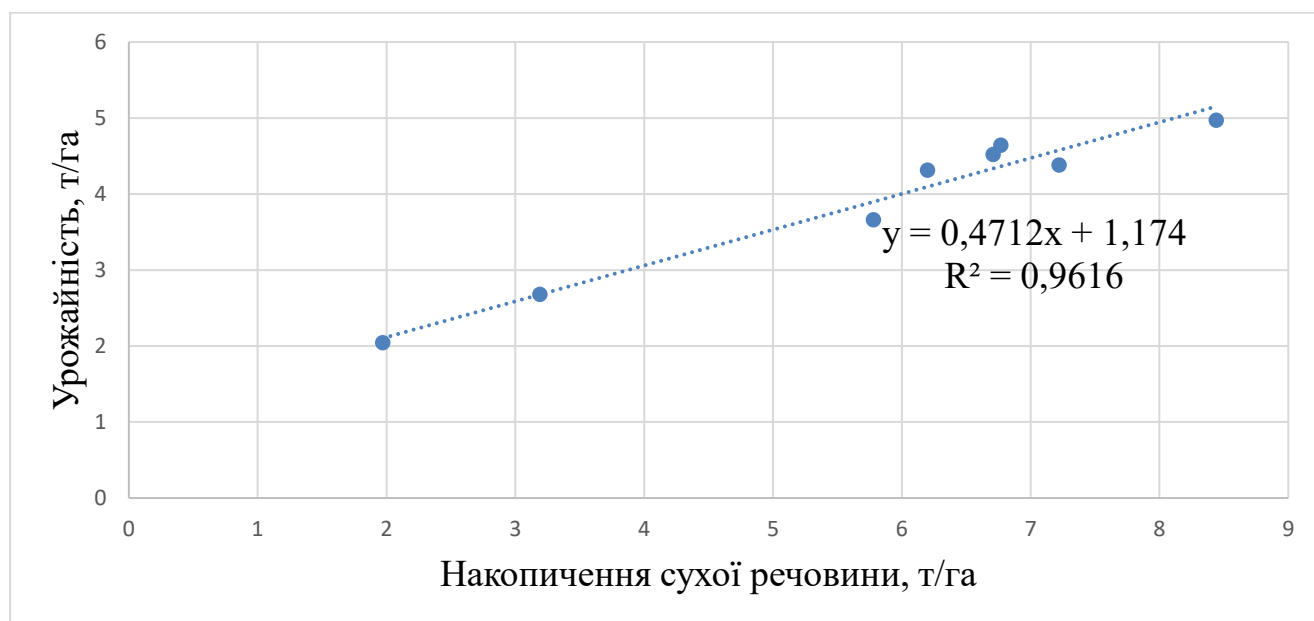


Рис 4.3. Кореляційна залежність між накопиченням сухої речовини та урожайністю пшениці озимої

Рівняння регресії описує дану залежність у фазу колосіння і має наступний вигляд: $y = 0,4712x + 1,174$, де y – урожайність пшениці озимої, т/га; x – накопичення сухої речовини рослинами пшениці озимої у фазу колосіння, т/га; коефіцієнт кореляції $R = 0,97$.

Таким чином, у процесі росту і розвитку рослин пшениці озимої, суха речовина нарощується нерівномірно, що пов'язано з рівнем мінерального живлення. Найінтенсивніше накопичення сухої речовини спостерігалось від початку фази весняного кущення до фази колосіння. Саме цим визначаються вимоги рослин пшениці озимої до умов живлення в різні періоди вегетації.

4.3. Водоспоживання пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування

Важливим чинником під час формування продуктивності сільськогосподарських культур є сумарне водоспоживання, або та кількість води, яка необхідна рослинам протягом вегетаційного періоду для отримання запланованого врожаю в конкретних природних умовах під час оптимізації всіх технологічних процесів. Недостатня кількість вологи в ґрунті не лише негативно впливає на розвиток культури, а й значною мірою знижує ефективність тих чи інших елементів технології вирощування [61; 113; 199; 200]. Крім того, вкрай нерівномірний розподіл вологи збігається з найвідповідальнішими етапами органогенезу пшениці, що різко посилює ризик зниження врожаю зерна та його якості [164].

Кількість ґрунтової вологи, яка витрачається рослинами на транспірацію за період її вегетації і випаровування вологи безпосередньо з ґрунту, тобто сумарне водоспоживання, в значній мірі залежить від кліматичних умов зони вирощування культури, її біологічних особливостей, сорту, погодних умов року, а також добрив [24; 214].

Поряд із сумарним водоспоживанням важливі також дані, які характеризують використання води рослинами на формування одиниці врожаю. Цей показник

називається коефіцієнтом водоспоживання і розраховується в тонах витраченої води на формування тони зерна або іншої продукції [45]. Важливою умовою зниження коефіцієнта водоспоживання рослин є створення оптимального режиму мінерального живлення, що забезпечує сприятливі умови для розвитку рослин за етапами органогенезу й отримання високого врожаю.

Відомо, що урожай озимої пшениці значною мірою залежить від запасів вологи в ґрунті рано навесні. В роки, коли на початку весни запаси вологи в посівах обмежені, як правило, формується і низький рівень врожайності. Відомо, що високий врожай озима пшениця формує в роки, коли на початку весни вміст доступної вологи в шарі ґрунту 0–100 см становить 150–200 мм, задовільний – 130–140, низький – 100 мм і менше [145].

Запаси вологи у метровому шарі дерново-підзолистого ґрунту у період весняного кушення пшениці озимої у 2021 і 2022 роках були досить низькі, відповідно 80,4–95,2 та 82,6–118,6 мм, у 2023 р. - задовільними і становили 140,3–151,7 мм. Це відповідно відобразилося на врожайності пшениці озимої. Максимально вона була сформована у сприятливому за зволоженням 2023 р. (2,19–5,37 т/га), найнижчий рівень урожайності зерна отримали у 2021 р. (1,85–4,40 т/га). Такий тісний зв'язок між цими показниками може бути основою для прогнозування врожаю.



Рис. 4.4 .Сумарне водоспоживання пшениці озимої та його складові (0-100 см шар ґрунту), м³/га

Складовими елементами сумарного водоспоживання є запаси ґрунтової вологи та опади. Їх співвідношення впродовж вегетаційного періоду постійно змінюється залежно від погодних умов року вирощування, фази розвитку культури та внесених добрив [24]. Із рис. 4.4 видно, що умови вегетаційних періодів 2021–2023 рр. різнилися за рівнем вологозабезпеченості рослин пшениці озимої.

Із трьох років досліджень запаси продуктивної вологи за період весняно-літньої вегетації у шарі ґрунту 0-100 см найвищими були визначені у 2023р., а найменшими – у 2021р. вегетації з відповідними значеннями 784 і 465 м³/га. Така ж закономірність простежувалася із опадами досліджуваних років.

Таблиця 4.6

Використання вологи посівами пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування, середнє за 2021-2023 рр.

Варіант	Продуктивна волога, мм в шарі 0-100 см		Витрати продуктивної вологи з ґрунту за весняно-літню вегетацію, мм	Кількість опадів за весняно-літню вегетацію, мм	Сумарне водо-споживання, м ³ /га
	відновлення вегетації	збирання врожаю			
Без добрив (контроль)	106,9	57,7	49,2	295,7	3449
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	109,2	58,2	51,0	295,7	3467
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	114,5	49,8	64,7	295,7	3604
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	110,5	50,2	60,3	295,7	3560
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	118,1	52,2	65,9	295,7	3616
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	114,8	50,5	64,3	295,7	3600
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	115,5	50,1	65,4	295,7	3611
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	115,2	50,4	64,8	295,7	3605

Із результатів досліджень видно, що сумарне водоспоживання пшениці озимої за варіантами досліду в середньому за роки коливалося у межах 3449–3616 м³/га (табл. 4.6). Зростання цього показника на 111-167 м³/га до контролю (без добрив) було відзначено на варіантах із удобренням на фоні хімічної меліорації.

У балансі сумарного водоспоживання за роки досліджень значно більша частка належала опадам, на ґрунтову вологу припадав незначний відсоток - 14,3-8,2% залежно від варіанту досліду.

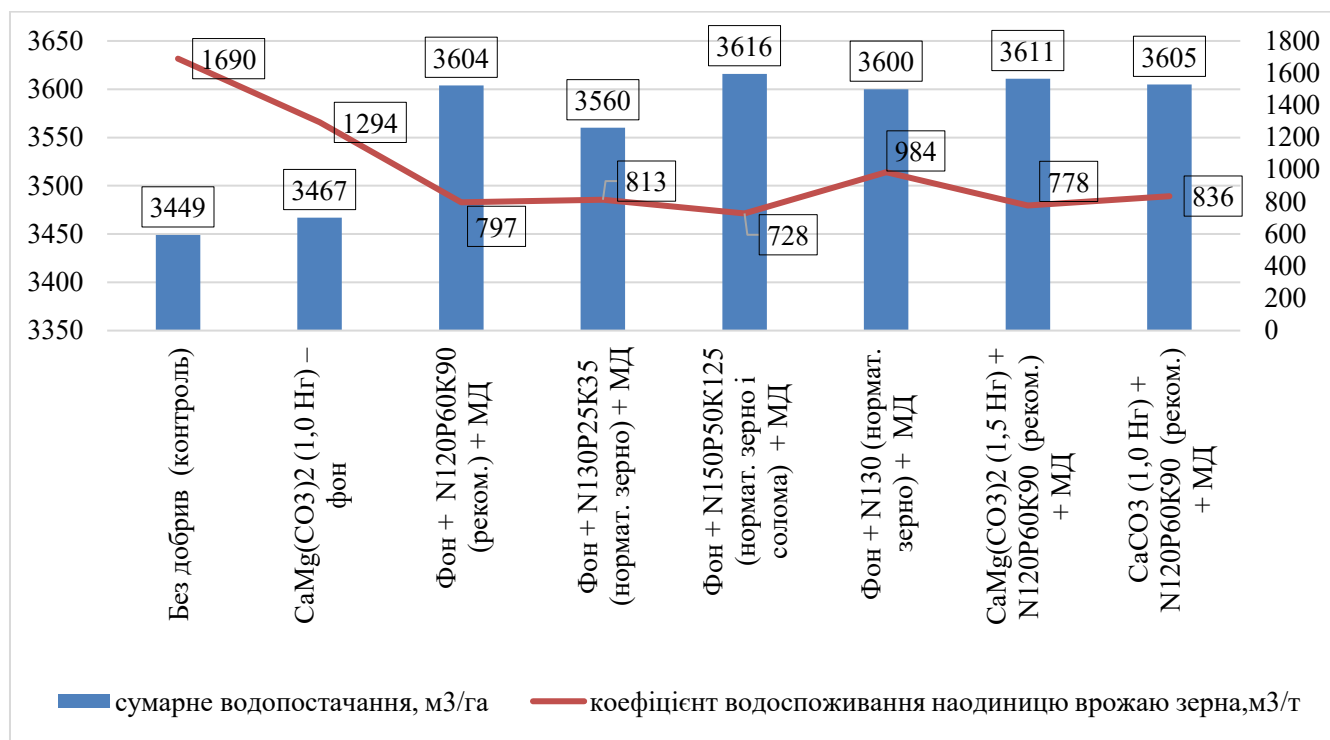


Рис. 4.5. Коефіцієнт водоспоживання пшениці озимої за різних доз удобрення та хімічної меліорації

Проте за практично однакових умов вирощування рослин важливішим показником є їх здатність ефективно використовувати вологу на формування одиниці врожаю. Залежить це, насамперед, від густоти стеблестою рослин, накопиченої ними надземної маси на одиниці площі, фази розвитку та багатьох інших чинників. Визначено, що за вирощування пшениці озимої на удобрених фонах волога на формування одиниці врожаю зерна, у порівнянні з контролем використовується значно ефективніше. Оптимізація фонів живлення має виключно важливе значення,

адже за достатньої забезпеченості елементами живлення рослинні організми мають краще розвинену кореневу систему і більш раціонально використовують ґрунтову вологу (рис 4.5).

Коефіцієнт водоспоживання на одиницю врожаю основної продукції за різних рівнів удобрення був на 43-58 % меншим щодо контролю (без добрив). Мінімальні значення коефіцієнта водоспоживання при вирощуванні пшениці озимої спостерігалися на ділянці з внесенням $N_{150}P_{50}K_{125}$ на фоні хімічної меліорації, що пов'язано з найвищим показником урожаю.

Проведення кореляційно-регресійного аналізу показало обернену лінійну кореляційну залежність між витратами води на формування 1 т урожаю та врожайністю зерна пшениці озимої з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,98$ (рис. 4.6).

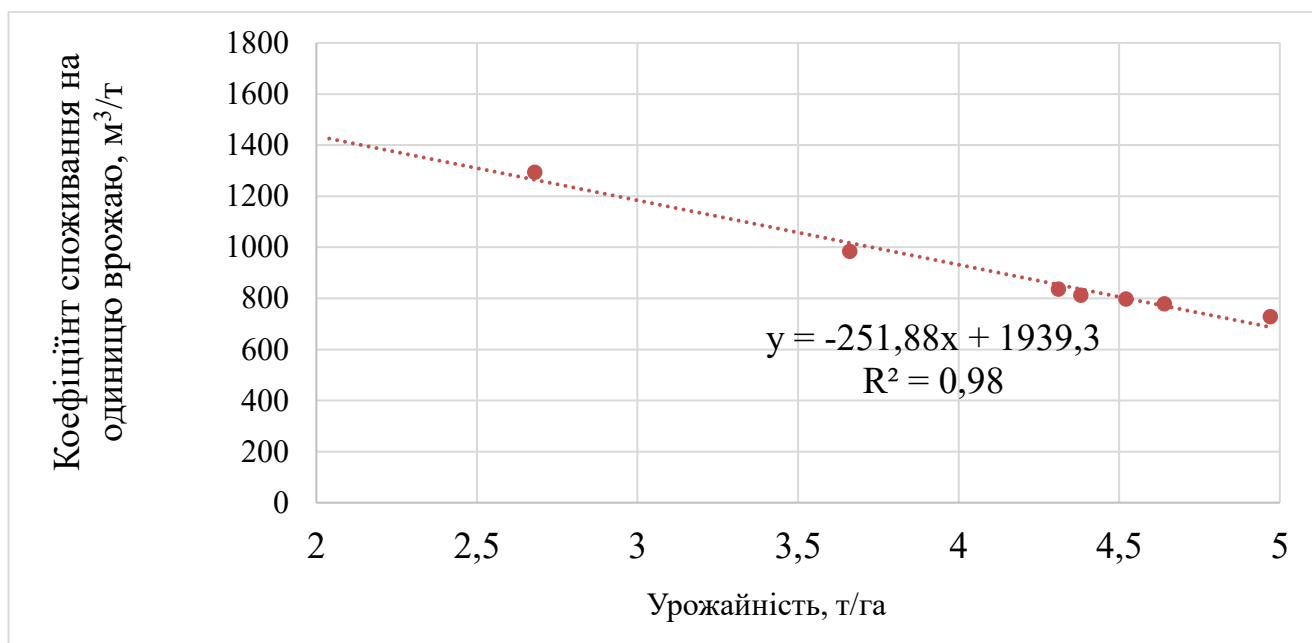


Рис. 4.6. Кореляційна залежність між витратами води на формування однієї тони зерна та врожайністю пшениці озимої, середнє 2021–2023 рр.

Це засвідчує, що за мінливого клімату із надзвичайно теплими та часом сухими погодними умовами запровадження ефективних систем удобрення і оптимізація структури сівозмін дозволяють зменшити використання води рослинами на формування одиниці врожаю, а тому є запорукою отримання високих і стабільних врожаїв.

Отже, внесення різних доз мінеральних добрив і хімічних меліорантів сприяють формуванню високого врожаю та зниженню непродуктивних витрат рослинами води на одиницю врожаю.

Висновки до розділу 4

1. Комплексне застосування хімічної меліорації і добрив сприяло оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів і її змінам впродовж вегетаційного періоду. Максимальна площа листкової поверхні пшениці озимої сформувалась у фазу виходу в трубку – 7,07–28,39 тис. м²/га. Найвищі параметри у середньому за роки зафіксовані у варіанті Фон + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво. У міжфазний період вихід у трубку – колосіння фотосинтетичний потенціал посівів і чиста продуктивність фотосинтезу також були максимальними в цьому варіанті, досягаючи відповідно 0,64 млн м²-днів/га та 6,48 г/м² за добу. Внесення 1,0 Нг СаMg(CO₃)₂ виявилось ефективнішим за аналогічну дозу СаСО₃ у поєднанні з N₁₂₀P₆₀K₉₀ (рекомендована норма) + мікродобриво, що забезпечило збільшення площі листкової поверхні на 2,1–9,2% залежно від фази розвитку. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні та врожайністю пшениці озимої ($r = 0,96$).

2. Внесення добрив на фоні хімічних меліорантів суттєво вплинуло на накопичення сухої надземної біомаси пшениці озимої у всіх досліджуваних варіантах. Максимальне накопичення сухої речовини спостерігалось за застосування N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ + мікродобриво (двічі) на фоні доломітового борошна (1,0 Нг), що у фазі кущення становило 0,91 т/га, у фазі виходу в трубку – 4,32 т/га, а в період колосіння – 8,44 т/га. Приріст біомаси порівняно з контролем склав 0,51, 3,21 та 6,47 т/га відповідно. Вміст сухої речовини в рослинах пшениці озимої збільшувався в міру розвитку культури – з 18,4–23,8 % у фазу кущення до 35,2–41,6 % у фазу колосіння залежно від варіанту удобрення.

4. Застосування різних доз мінеральних добрив і хімічних меліорантів сприяло формуванню високої врожайності пшениці озимої та зменшенню

непродуктивних витрат води на одиницю врожаю. Середнє сумарне водоспоживання культури за варіантами досліду протягом років досліджень коливалося в межах 3449–3616 м³/га. Найвищі запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см спостерігалися у 2023 році (784 м³/га), а найнижчі – у 2021 році (465 м³/га). Неудобрені рослини пшениці озимої в середньому за три роки витрачали 1690 м³ води на формування 1 т зерна, що на 43–58 % перевищувало показники удобрених варіантів. Найменший коефіцієнт водоспоживання відзначено при застосуванні розрахункової дози добрив за нормативами виносу елементів живлення на формування зерна і відповідної кількості соломи (N₁₅₀P₅₀K₁₂₅) із позакореневим підживленням на фоні хімічної меліорації, що обумовлено найвищою врожайністю культури.

Опубліковані результати за матеріалами розділу [233; 238; 240; 247].

РОЗДІЛ 5

ВМІСТ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ ҐРУНТУ

5.1. Вміст основних елементів живлення у рослинах пшениці озимої залежно від удобрення та хімічних меліорантів

Розробка науково обґрунтованих заходів для підвищення родючості ґрунту неможлива без визначення параметрів колообігу фітомаси та елементів живлення, що входять до її складу [112]. Для досягнення запланованої врожайності дози добрив розраховують на основі показників винесення азоту, фосфору та калію [317]. Тому, особливо важливо розуміти здатність різних частин рослин накопичувати елементи живлення. Це дає змогу ефективно налаштовувати агротехнічні прийоми та вдосконалювати селекційні програми, спрямовані на раціональне використання поживних речовин і забезпечення стабільної врожайності сільськогосподарських культур [307].

Результати досліджень свідчать, що вміст елементів живлення у зерні та соломі пшениці озимої змінюється за впливу різних доз мінеральних добрив і хімічних меліорантів, що підтверджується даними таблиці 5.1.

У середньому за роки досліджень вміст азоту у зерні коливався в межах 2,38–2,67%. Найнижчий показник (2,38%) відзначено у контролі. Внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ не забезпечило істотного збільшення за вмісту азоту (2,43%). Більший вміст азоту в зерні порівняно з контролем і фоном відзначено за внесення різних доз мінеральних добрив за проведення меліорації.

Проте, дози і види вапнякових матеріалів внесені сумісно з рекомендованою дозою ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) не мали істотного впливу на цей показник. Між вмістом азоту у зерні варіантів із рекомендованою ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) і розрахованою нормативним методом дозою мінеральних добрив на основну продукцію ($\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ і N_{130}) істотної різниці також не встановлено.

**Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі пшениці озимої
залежно від удобрення і хімічних меліорантів (2021-2023 рр.), % на суху
речовину**

Варіант досліджу	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	2,38	0,67	0,50	0,45	0,21	0,81
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	2,43	0,73	0,52	0,47	0,22	0,88
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	2,58	0,87	0,58	0,53	0,29	1,16
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	2,61	0,79	0,56	0,54	0,24	1,08
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	2,67	0,82	0,62	0,55	0,26	1,21
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	2,56	0,75	0,52	0,50	0,23	0,95
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	2,62	0,89	0,57	0,54	0,31	1,13
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	2,57	0,85	0,56	0,52	0,28	1,09
НІР ₀₅	0,06	0,04	0,05	0,03	0,02	0,09

Найвищий процентний вміст азоту в зерні пшениці озимої (2,67%) був відзначений у варіанті з дозою мінеральних добрив, розрахованою нормативним методом на винос НРК основною і побічною продукцією (N₁₅₀P₅₀K₁₂₅) на фоні 1,0 Нг CaMg(CO₃)₂, що на 0,28 абс. % перевищувало контроль і забезпечило статистично доведену різницю між усіма варіантами, за виключенням варіанту з післядією 1,5 Нг CaMg(CO₃)₂ із рекомендованою дозою добрив при $p \leq 0,05$.

У сухій речовині соломи вміст азоту був значно меншим, що свідчить про переміщення його під час формування врожаю з вегетативних у генеративні органи і становив від 0,45 до 0,55% залежно від досліджуваного варіанту. Найвищий процентний вміст азоту в соломі пшениці озимої був відзначений у варіанті,

аналогічному, що й у зерні. Застосування різних доз добрив на фоні вапнякових матеріалів забезпечило істотний приріст вмісту азоту в соломі відносно контролю і фону, що вказує на роль азоту у мінеральному живленні рослин. Проте істотної різниці між дозами азоту N_{120} – N_{150} у складі мінеральних добрив незалежно від доз і видів вапнякових матеріалів на кінець вегетації не відзначалось.

Щодо вмісту фосфору в зерні рослин пшениці озимої залежно від рівнів удобрення і вапнування, то відмічені дещо інші закономірності порівняно з вмістом азоту. Вважається [151], що рослини регулюють вміст у власному організмі фосфору ліпше, ніж інших елементів живлення, і не можуть повністю припинити його засвоєння, навіть за надвисокої насиченості ним ґрунту. Найменше загального фосфору (0,67% у зерні і 0,21% у соломі) містилося у неудобрених рослинах. Одностороннє внесення 1,0 Нг дози доломітового борошна істотно підвищило вміст фосфору у зерні на 0,05 абс.%, але не вплинуло на вміст у соломі при $p \leq 0,05$. Додавання до 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ лише азотних добрив (N_{130}) суттєво не вплинуло на вміст фосфору у зерні і соломі відносно контролю і фону. Тоді як внесення повного мінерального добрива, яке включало фосфор (P_{25} – P_{60}) у його складі, сприяло збільшенню вмісту фосфору в зерні на 0,04–0,12 абс.% та у варіанті (P_{50} – P_{60}) на 0,03–0,06 абс.% у соломі, що є істотним порівняно з попереднім варіантом. Тобто, підвищення дози фосфору у складі мінеральних добрив у більшій мірі сприяло накопиченню елементу у зерні ніж у соломі.

Найвищий вміст фосфору в зерні (0,89%) і соломі (0,31%) спостерігався за внесення на фоні 1,5 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ сумісно з $N_{120}P_{60}K_{90}$ і мікродобривом позакоренево. Це можна пояснити тим, що за нейтралізації ґрунтової кислотності в ході проведення хімічної меліорації, фосфор із ґрунту і мінеральних добрив став доступнішим для рослин.

Відомо [40], що вміст калію в рослинах пшениці озимої значно змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та елементів агротехнології. Слід зазначити, що вміст калію в рослинах пшениці озимої істотно підвищувався на фоні вапнування лише за внесення калійних добрив. Внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ істотно не вплинуло на вміст калію як у зерні так і соломі порівняно з контролем

при $p \leq 0,05$. Сумісне внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ та азотних добрив у дозі N_{130} практично не змінило кількісні показники відносно варіанту, що включав лише вапнування.

Найвищий вміст калію (0,62 % у зерні та 1,21 % у соломі) відмічений у варіанті $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ із позакореневим внесенням мікродобрива на фоні 1,0 дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, що відповідно на 0,12% і 0,39 % більше порівняно з контролем. Рівноцінними по дії на вміст калію порівняно з найбільшими попередніми показниками були варіанти з рекомендованою дозою добрив як на фоні 1,0 так і 1,5 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

За порівняння дії 1,0 дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ і CaCO_3 разом із $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) і мікродобривом на вміст досліджуваного елементу живлення в зерні та соломі слід відмітити, що незначне переважання відмічалось за дії доломітового борошна.

У соломі рослин пшениці озимої в усіх варіантах дослідів вміст калію був переважаючим у межах 62,0-100,0 % порівняно зі вмістом у зерні аналогічних варіантів. Найвищою різницею між показниками у органах рослин відзначився варіант із найбільшою дозою калію у системі живлення культури (Фон + $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво). Зазначені дані узгоджуються із дослідженнями Господаренка Г.М. та ін. [43], Kubar, G. M. та ін. [285], які вказують, що репродуктивні органи рослин характеризуються нижчим умістом калію, ніж вегетативні.

При аналізі забезпечення рослин елементами живлення важливо враховувати не лише абсолютний вміст окремих елементів, а й їх співвідношення. Це пояснюється тим, що засвоєння одного елемента може залежати від доступності іншого, що впливає на загальний фізіологічний стан рослини та її продуктивність. У пшениці озимій співвідношення азоту, фосфору та калію може слугувати діагностичним показником у період вегетації культури оскільки впливає на формування врожайності та якості зерна [308].

Розрахунок співвідношення основних елементів живлення ($\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}$) у зерні та соломі пшениці озимої на час повної стиглості у середньому за 2021-2023 рр. за різних варіантів удобрення показав суттєві відмінності залежно від органів

рослин і рівня мінерального живлення. Так, відсутність додаткового удобрення у контролі, фоні та внесення лише азоту N_{130} практично не впливає на співвідношення елементів у зерні, хоча слід вказати, що у за присутності азоту істотно підвищується вміст калію у соломі (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Співвідношення макроелементів у органах рослин пшениці озимої на час повної стиглості, середнє за 2021-2023 рр.

Варіант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	1	0,28	0,21	1	0,47	1,80
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	1	0,30	0,21	1	0,47	1,87
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	1	0,34	0,22	1	0,55	2,19
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	1	0,30	0,21	1	0,44	2,00
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	1	0,31	0,23	1	0,47	2,20
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	1	0,29	0,20	1	0,46	1,90
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	1	0,34	0,22	1	0,57	2,09
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	1	0,33	0,22	1	0,54	2,10
Середнє у досліді	1	0,31	0,22	1	0,50	2,02
SD	1	0,02	0,01	1	0,05	0,15
V, %	1	7,37	4,31	1	9,87	7,45

Застосування фонових доз вапнякових меліорантів не спричинило суттєвих змін у співвідношенні елементів живлення в зерні, оскільки за внесення CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) це співвідношення залишалося близьким до контрольного (1:0,30:0,21). Проте у соломі спостерігалось незначне підвищення відносного вмісту калію (1:0,47:1,87), що свідчить про покращене засвоєння цього елемента за рахунок вапнування.

Внесення повного мінерального добрива (N₁₂₀P₆₀K₉₀) із мікродобривами на фоні CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) сприяло зростанню частки фосфору та калію в зерні (1:0,34:0,22) і значному підвищенню вмісту калію в соломі (1:0,55:2,19). Це вказує

на активне споживання рослинами калію за сприятливих умов живлення, що може позитивно впливати на їхню стійкість до стресових факторів.

За варіанта із підвищеними дозами добрив ($N_{150}P_{50}K_{125}$) співвідношення у зерні дещо змінилося (1:0,31:0,23), що свідчить про кращу акумуляцію калію в зерні за високого рівня мінерального живлення. Водночас у соломі співвідношення 1:0,47:2,20 підтверджує тенденцію до посиленого нагромадження калію у вегетативних органах. Відзначено, що за внесення $N_{130}P_{25}K_{35}$ (розрахунок на основну продукцію) у соломі частка калію була нижчою (1:0,44:2,00), проте у зерні зберігалася на рівні інших удобрюваних варіантів (1:0,30:0,21), що може вказувати на задоволення потреби основної продукції пшениці у калії за рахунок його переміщення із соломи.

Отже, результати свідчать, що підвищення доз мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням сприяє збалансованому засвоєнню фосфору та калію, що важливо для формування якісного врожаю. Зміни співвідношень $N:P_2O_5:K_2O$ вказують на активне використання фосфору зерном, тоді як калій значною мірою залишається у соломі, що необхідно враховувати при розробці систем удобрення та управління родючістю ґрунтів.

В основному виділяють декілька показників винесення: господарське основною і нетоварною продукцією з одиниці площі та їх винесення на одиницю маси врожаю основної продукції (нормативне винесення) [39]. Однак відносне винесення елементів живлення, навіть однією культурою, істотно змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов, величини урожаю, пропорцією в урожаї між товарною і нетоварною продукцією, якості врожаю та сортових або гібридних особливостей культури [194].

Винос елементів живлення з ґрунту врожаєм сільськогосподарських культур належить до одного з найважливіших агроекологічних показників, насамперед тому, що є важливою статтею їх балансу і одним із критеріїв оцінки ступеня виснаження ними ґрунту. Показники вмісту у біомасі рослин, включаючи надземні органи і кореневу систему, характеризують загальну потребу в елементах,

тобто показують біологічний винос. Кількість елементів, що знаходиться в основній і побічній продукції врожаю, становить його господарський винос.

Дослідження показало, що застосування мінеральних добрив та вапнування суттєво впливає на винос азоту, фосфору та калію з урожаєм. (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Винос елементів урожаєм пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування, середнє за 2021-2023 рр., кг/га

Варіант	Основна продукція			Побічна продукція			Господарський винос		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	48,6	13,8	10,2	11,9	5,6	21,5	60,5	19,4	31,7
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	65,3	19,5	14,0	14,9	7,0	27,9	80,3	26,5	41,8
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	116,8	39,4	26,1	27,1	14,7	59,6	143,9	54,1	85,8
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + МД	114,5	34,8	24,4	26,2	11,7	52,9	140,7	46,5	77,3
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + МД	132,7	40,8	30,7	29,8	14,2	65,3	162,4	55,1	96,0
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + МД	93,8	27,5	18,9	21,5	9,82	40,4	115,3	37,3	59,4
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	121,7	41,5	26,7	28,2	16,1	59,4	149,9	57,7	86,1
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	109,5	36,1	23,9	24,7	13,1	51,6	134,2	49,2	75,5
Частка виносу від господарського*, %	81,3	73,2	31,8	18,7	26,8	68,2			

Примітка *середній показник виносу елементів від господарського у досліді, %

За проведеними розрахунками найменший винос азоту 48,6 кг/га, фосфору 13,8, калію 10,2 кг/га в основній продукції, та 11,9 кг/га, 5,6 і 21,5 кг/га відповідно в побічній продукції відзначено у варіанті без добрив. Застосування 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ (фон) сприяло зростанню цих показників у 1,34–1,42 і 1,24–1,30 раза щодо попереднього варіанта залежно від виду продукції. При чому вапнування підвищило у більшій мірі винесення фосфору з зерном і калію з соломою.

За внесення різних доз мінеральних добрив на фоні вапнування винос азоту зростав до 93,8–132,7 кг/га. Відчуження фосфору із зерном залежно від

досліджуваних факторів становило в межах 27,5–41,5 кг/га, калію 18,9–30,7 кг/га. Винос азоту, фосфору і калію з соломою пшениці у варіантах дослідів змінювався в межах 21,5–29,8 кг/га, 9,82–16,1 і 40,4–65,3 кг/га відповідно. Максимальні значення винесення азоту (132,7 кг/га із зерном і 29,8 кг/га із соломою) і калію (30,7 кг/га із зерном і 65,3 кг/га із соломою) спостерігалися у варіанті з найвищою врожайністю і вмістом елементів у варіанті $N_{150}P_{50}K_{125}$ із мікродобрином на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$. Тоді як найбільші показники винесення фосфору (41,5 кг/га у зерні і 16,1 кг/га у соломі) встановлені у варіанті з підвищеною дозою вапнякового матеріалу у варіанті з 1,5 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ сумісно з рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$ за позакореневого підживлення. Проведений статистичний аналіз між зазначеними варіантами для винесення калію як зерном, так і соломою при $p \leq 0,05$ вказує на те, що на накопичення калію в рослинах впливає доза калійного добрива (K_{125}) у складі мінерального удобрення $N_{150}P_{50}K_{125}$ на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$.

Вплив доз елементів порівняно з вапняковими матеріалами також підтверджується статистичною різницею між максимальними показниками у варіанті з дозами азоту (N_{150}) і калію (K_{125}), що визначені нормативним методом на винос NPK зерном і соломою та рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$ на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$, яка становила у середньому за роки досліджень 15,9 і 2,7 кг/га азоту та 4,6 і 5,6 кг/га калію відповідно у зерні та соломі, що вище показника НІР при $p \leq 0,05$.

При порівнянні розрахункової дози добрив на винос елементів основною продукцією $N_{130}P_{25}K_{35}$ і рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$ за інших однакових умов, для останньої істотний приріст накопичення у рослині отримано лише для калію у соломі. Для інших елементів винесення у середньому було в межах похибки, що свідчить про необхідність корегування доз калію у системі живлення культур за повернення соломи у ґрунт.

Подібний розподіл між досліджуваними варіантами характерний також і для загального господарського винесення елементів. Найменше сумарне накопичення азоту, фосфору і калію у рослинах пшениці озимої за 2021–2023 рр. встановлено у

контролі без добрив і за вапнування, найвищі показники пов'язані з максимальною дозою елементів у системі удобрення.

Знання рівнів винесення елементів частинами урожаю має велике практичне значення, оскільки дозволяє визначити частку вмісту азоту, фосфору та калію як у основній, так і побічній продукції. Це, в свою чергу, дає можливість оцінити рівень їх повернення в ґрунт за умов заорювання соломи, що є важливим фактором для підтримки високої продуктивності культур у сівозміні.

Розрахунки показали, що основна частина азоту (80,3-81,7 %) та фосфору (71,1-74,8 %) накопичується в зерні пшениці озимої, залежно від варіантів дослідів. У той же час, калій (67,8-69,6 %) більшість свого виносу зосереджує у побічній продукції. Це потрібно враховувати при плануванні системи живлення для наступних культур, попередником яких буде пшениця озима, оскільки калій, що потрапить у ґрунт при заорюванні соломи, може стати додатковим джерелом живлення для цих культур.

Проведений статистичний аналіз показав тісний зв'язок між вмістом елементів живлення у органах рослин, їх урожайністю та винесенням азоту, фосфору і калію органами рослин при $p \leq 0,05$ (табл. 5.4).

Проте, парна кореляція показує дещо вищу залежність винесення елементів від рівня урожайності зерна і соломи ніж від вмісту елементу у органах рослин. Тобто при плануванні системи удобрення культур слід враховувати потребу культури в елементах живлення для формування відповідного рівня урожайності.

Таблиця 5.4

Кореляційна залежність між винесенням елементів живлення органами рослин пшениці озимої, їх урожайністю та вмістом NPK, середнє за 2021–2023 рр.

Винесення елементів, кг/га	Урожайність, т/га		Вміст елементів, %	
	зерно	солома	зерно	солома
N	0,999	0,998	0,985	0,992
P ₂ O ₅	0,989	0,961	0,944	0,941
K ₂ O	0,991	0,990	0,950	0,994

Таким чином, із основною продукцією культури найбільше виноситься азоту, що пояснюється значними його витратами на формування білка, а найменше калію, із нетоварною частиною врожаю пшениці озимої калію виноситься навпаки більше, ніж азоту. Вміст азоту і калію у органах рослин у більшій мірі залежить від дози елементу у системі удобрення, тоді як на фосфор вплив також має доза вапнякового матеріалу. Винесення елементів живленням органами рослин має тісний кореляційний зв'язок як із їхньою урожайністю так і вмістом у них азоту, фосфору і калію. Проте, встановлено, що накопичення елементів у зерні має коефіцієнт кореляції з урожайністю на рівні $R = 0,999-0,991$, а зі вмістом елементів на рівні $0,985-0,944$ залежно від елемента.

5.2. Нормативні показники виносу азоту, фосфору і калію одиницею врожаю пшениці озимої у досліді

У сучасній агрономічній практиці розрахункові методи визначення доз добрив набувають все більшого значення для забезпечення стабільних та високих урожаїв сільськогосподарських культур [20; 87; 195]. Ці методи дозволяють адаптувати систему живлення рослин до конкретних ґрунтово-кліматичних умов і вирощуваних сортів, що є більш ефективним порівняно з використанням загальних рекомендацій, розроблених для певних зон України.

Більшість цих методів за основу розрахунків використовують нормативи витрат елементів живлення на одиницю продукції культури. Так, у роботі Лісовала А.П. та ін. [106]. для пшениці озимої у зоні Полісся середні нормативи витрат на 1 т основної та відповідну кількість побічної продукції показані як 30 кг N, 17 кг P_2O_5 і 19 кг K_2O , у роботі Господаренка Г.М. на рівні 32,4 кг N, 11,2 кг P_2O_5 і 23,7 кг K_2O . Варіювання показників залежить від багатьох факторів, тому доцільним є визначення не тільки значень загального господарського виносу азоту, фосфору і калію пшеницею озимою в умовах дослідів, а й розрахунок їх нормативних показників на одиницю врожаю (табл 5.5).

**Уточнені нормативні показники виносу елементів живлення одиницею
урожаю пшениці озимої, кг/т, середнє за 2021-2023 рр.**

Варіант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	<u>29,7*</u> 23,8**	<u>9,5</u> 6,76	<u>15,5</u> 5,00
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	<u>29,9</u> 24,3	<u>9,9</u> 7,27	<u>15,6</u> 5,22
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	<u>31,8</u> 25,8	<u>12,0</u> 8,72	<u>19,0</u> 5,77
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	<u>32,1</u> 26,2	<u>10,6</u> 7,95	<u>17,7</u> 5,57
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	<u>32,7</u> 26,7	<u>11,1</u> 8,22	<u>19,3</u> 6,18
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	<u>31,5</u> 25,6	<u>10,2</u> 7,51	<u>16,2</u> 5,16
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	<u>32,3</u> 26,2	<u>12,4</u> 8,95	<u>18,6</u> 5,76
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	<u>31,2</u> 25,5	<u>11,4</u> 8,38	<u>17,4</u> 5,55
$\bar{X}$ (середнє значення)	<u>31,4</u> 25,4	<u>10,9</u> 8,00	<u>17,5</u> 5,53
SD	<u>1,11</u> 0,98	<u>1,03</u> 0,74	<u>1,51</u> 0,39
V, %	<u>3,52</u> 3,86	<u>9,44</u> 9,37	<u>8,64</u> 7,03

Примітка: *чисельник – на 1 т зерна і відповідну кількість соломи

**знаменник – на 1т зерна

Дослідники зазначають, що винесення основних елементів живлення з 1 тонною зерна та відповідною кількістю соломи не є постійною величиною, а змінюється в широких межах залежно від рівня врожайності, доз добрив і ґрунтово-кліматичних умов, тому існує потреба їх уточнення [41].

За результатами досліджень встановлено, що зміщення нормативів виносу відносно контролю були істотнішими для калію за розрахунку на 1 т основної та відповідну кількість побічної продукції (0,7-3,8 кг/т) порівняно з показниками розрахованими на 1 т зерна (0,2-1,2 кг/т) залежно від варіанта удобрення. По азоту і фосфору істотних коливань показників виносу від виду одиниці продукції до контролю не відзначено.

У варіанті фон + $N_{150}P_{50}K_{125}$ (нормат. на зерно і соломі) + мікродобриво винос як на 1 т зерна і відповідну кількість соломи, так і на 1 т зерна був найвищим і становив 32,7 і 26,7 кг N, 11,1 і 8,22 кг P_2O_5 , 19,3 і 6,18 кг K_2O відповідно, що пов'язно з рівнем урожайності у цьому варіанті. Відсутність мінерального живлення пшениці озимої у фоновому варіанті забезпечило витрати елементів на одиницю продукції на рівні контролю.

Статистичний аналіз результатів показав, що азот показує більшу відносну мінливість показників за розрахунку на 1 т зерна за коефіцієнту варіації 3,86 %. Отже, зерно більшою мірою реагує на зміну азотного живлення ніж рослина вцілому. Величина витрат фосфору на певну одиницю продукції не демонструє істотних коливань як за абсолютною так за відносною мінливістю, що підтверджує відсутність значних змін у його виносі у варіантах. Стандартне відхилення для калію на 1 т зерна та відповідну кількість побічної продукції (1,51 кг/т) більше, ніж за розрахунку на 1 т зерна (0,39 кг/т), що свідчить про більшу абсолютну варіацію вмісту калію у рослинах пшениці, коли враховується не тільки основна, але й побічна продукція. Це може бути пов'язано з тим, що показники вмісту калію в соломі мають більші межі коливання, ніж у зерні. При цьому коефіцієнт варіації, що враховує відносну мінливість вмісту калію відносно середнього значення, також вищий для цілої рослини (8,64 %) ніж для зерна (7,03 %). Це може свідчити про те, що зерно по відношенню до калію є менш чутливим до змін умов вирощування у досліді.

Слід відзначити, що по елементах відносний коефіцієнт варіації показників нормативів витрат на одиницю продукції до середнього значення кожного з них не перевищує 10 %, тобто мінливість неістотна, тому для розрахунку балансових показників елементів у землеробстві або встановленні доз добрив розрахунковими методами можуть бути використані середні їх значення.

5.3. Баланс елементів живлення у ґрунті

Просторові та часові варіації потоків поживних речовин та балансова їх оцінка у більших просторових масштабах може розглядатися лише шляхом узагальнення та агрегування, оскільки збільшення складності системи землекористування господарства та його архітектури негативно впливає на надійність розрахунків балансу поживних речовин. Тому найбільшою одиницею, для якої може бути кількісно визначений баланс поживних речовин у ґрунті, є поле [310].

За цілеспрямованого використання ґрунту для вирощування якісної сільськогосподарської продукції необхідно враховувати вміст біогенних елементів живлення в біологічній масі врожаю, а також баланс поживних речовин як один із найбільш важливих факторів розвитку культурного процесу ґрунтоутворення і формування родючості ґрунту [77].

Господарський баланс передбачає урахування надходження і витрат елементів живлення на формування урожаю культури. Оскільки методика проведення дослідів передбачала залишення і заорювання побічної продукції (соломи) пшениці озимої в ґрунт розрахунки балансу NPK були проведені з урахуванням їх винесення лише основною продукцією (зерном). Тому що кількість поживних елементів, яка була використана на формування урожаю соломи була повністю повернена у ґрунт при зароблянні побічної продукції, тобто цими величинами знехтували і вони не приймали участі у розрахунку сальда балансів.

У досліді основним джерелом надходження елементів живлення у ґрунт були мінеральні добрива, що зумовило різницю між варіантами у даній статті балансу. Крім того для азоту використані середні наукові показники азотфіксації вільноживучими мікроорганізмами, надходження з опадами у зоні Полісся, для азоту, фосфоту і калію – надходження з посівним матеріалом культури [38;106].

Оскільки у дослідних варіантах солома пшениці озимої поверталася у ґрунт, у розхунках балансу винесення і надходження елементів із нею не враховувалися. Відповідно, у варіанті без добрив і у фоні із різних джерел (опад, мікроорганізми,

насіння) у ґрунт надходило 14,0 кг/га азоту, 2,0 кг фосфору і 1,4 кг/га калію. Застосування доломітового і вапнякового борошна не мало впливу на розрахункові показники, оскільки дані вапнякові матеріали не містять у собі досліджуваних макроелементів.

Удобрення є найдієвішим заходом впливу на балансові показники елементів у землеробстві. Кількість елементів, що визначена у балансі як стаття надходження відповідала дозі внесеного елемента із корегуванням на додаткові джерела. Стаття відчуження включала дані про винесення елементів на 1 т зерна (солома не врахована, оскільки залишалася у полі) та непродуктивні втрати азоту (20 %), величина яких урахована при визначенні кількості надходження.

Отже, баланс як величина різниці між надходженням та відчуженням показав, що у контролі і фоні по всіх елементах його сальдо було від'ємним, при цьому із вищими показниками за вапнування. Це доводить, що пшениця озима збільшує споживання азоту, фосфору і калію за зміщення кислотності ґрунту у сторону нейтралізації (табл. 5.6).

Баланс елементів живлення за рекомендованої ($N_{120}P_{60}K_{90}$) та розрахованої на винос основною і побічною продукцією ($N_{150}P_{50}K_{125}$) дози удобрення на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ + мікроелементи показав від'ємне сальдо по азоту (–16,6 і –8,5 кг/га) та додатне по фосфору (22,7 і 11,2 кг/га) і калію (61,8 і 92,3 кг/га). Внесення підвищеної дози доломітового борошна ($1,5$ Нг $CaMg(CO_3)_2$) чи одинарної дози $CaCO_3$ не змінювало тенденції розподілу балансових показників показаних для попередніх варіантів. Слід відзначити, що у варіанті розрахункової дози добрив на основну продукцію ($N_{130}P_{25}K_{35}$) на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ із мікроелементами величина негативного балансу азоту зменшилася до –6,5 кг/га, однак, баланс фосфору був показаний як від'ємний (–7,7 кг/га) за додатнього по калію (8,5 кг/га).

Дещо інші показники балансу були сформовані у варіанті застосування одних азотних добрив у дозі N_{130} на фоні вапнування та позакореневого удобрення. Рівень відчуження азоту за рахунок виносу нижчими урожаєм порівняно з виносом за повного мінерального живлення не перевищував його сумарного надходження з добривами та іншими джерелами, що дозволило отримати баланс на рівні

14,3 кг/га. Однак, повна відсутність фосфорних і калійних добрив у даному варіанті спричинила від'ємні баланси цих елементів, що перевищували показники у контролі і фоні.

Таблиця 5.6

**Баланс NPK за вирощування пшениці озимої за заорювання побічної
продукції залежно від удобрення та вапнування (середнє за 2021–2023 рр.),
кг/га**

Стаття балансу	Елементи живлення	Варіант							
		Без добрив (контроль)	CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + МД	Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + МД	Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + МД	CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД	CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + МД
Надходження, кг/га	N	14,0	14,0	134,0	144,0	164,0	144,0	134,0	134,0
	P ₂ O ₅	2,0	2,0	62,0	27,0	52,0	2,0	62,0	62,0
	K ₂ O	1,4	1,4	91,4	36,4	126,4	1,4	91,4	91,4
Відчуження, кг/га	N	58,6	75,2	150,6	150,5	172,5	129,7	155,6	144,8
	P ₂ O ₅	13,7	19,5	39,3	34,7	40,8	27,5	41,5	36,5
	K ₂ O	13,7	17,4	29,6	27,9	34,1	22,4	30,1	27,6
Баланс, кг/га	N	-44,6	-61,2	-16,6	-6,5	-8,5	14,3	-21,6	-10,8
	P ₂ O ₅	-11,7	-17,5	22,7	-7,7	11,2	-25,5	20,5	25,5
	K ₂ O	-12,3	-16,0	61,8	8,5	92,3	-21,0	61,3	63,8
Інтенсивність балансу, %	N	23,9	18,6	89,0	95,7	95,1	111,0	86,1	92,6
	P ₂ O ₅	14,6	10,3	157,7	77,7	127,6	7,3	149,6	169,9
	K ₂ O	10,2	8,0	309,1	130,6	370,1	6,2	303,6	330,7

Аналіз отриманих показників проведено за допустими рівнями дефіциту, які Д.М. Прянішніков для балансу азоту встановив на рівні –12,0-14,0 кг/га, калію –22-24 кг/га, інтенсивності балансу азоту і калію на рівні 80-100 %, для фосфору від'ємні показники не допускаються [106]. У результаті досліджень визначено, що по азоту показники інтенсивності балансу знаходяться у допустимих межах для усіх удобрених варіантів (86,1-111,1 %). При цьому у варіанті із рекомендованою дозою азоту інтенсивність балансу була найнижчою серед варіантів застосування повного мінерального живлення, тобто за дози N₁₂₀ показник інтенсивності балансу

азоту був на 6,7 % нижчим ніж за дози N_{130} розрахованої на винос основною продукцією.

По фосфору показники істотно різнилися лише за мінімальної P_{25} дози або за його відсутності P_0 у варіантах із розрахунковою дозою мінеральних добрив на винос урожаєм зерна. Слід вказати, що відсутність фосфору спричинила зниження інтенсивності балансу до 7,3 %, що, як наслідок може спричинити збіднення ґрунтів на даний елемент та зниження продуктивності пшениці озимої за його дефіциту. Інтенсивні балансу за дози P_{25} на рівні 77,7% у порівнянні з науково-обґрунтованими даними також є недостатньою, але враховуючи, що рівень забезпеченості ґрунтів рухомим фосфором дуже високий, а внесення вищих P_{50-90} доз фосфору спричиняє зростання інтенсивності балансу елементу до 127,6-169,9 кг/га і накопичення рухомих фосфатів у ґрунті, то такий рівень удобрення фосфору в умовах дослідів є екологічно та економічно обґрунтованим.

Якщо знехтувати відчуженням калію соломною, то найбільш раціональним за показниками інтенсивності балансу з урахуванням його виносу лише основною продукцією є розрахункова доза мінеральних добрив визначена нормативним методом на винос елементів живлення зерном пшениці озимої - $N_{130}P_{25}K_{35}$ на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ із мікроелементами. За такого удобрення інтенсивність балансу калію становила 130,6 %, тоді як за інших доз приймала критичні значення: 6,2% за відсутності калію K_0 або 309,1-370,1 за доз K_{90-125} на різних фонах вапнування.

У контролі та фоні показники балансу та інтенсивності балансу були дуже низькими, що свідчить про можливе збіднення родючості дерново-підзолистого ґрунту при вирощуванні пшениці озимої за природних умов живлення.

Висновки до розділу 5

1. Вміст основних елементів живлення в урожаї пшениці озимої та їх накопичення у продукції значною мірою залежали від удобрення, тоді як вплив доз вапнякового матеріалу був менш вираженим. Вміст азоту в зерні коливався в межах 2,38–2,67 %, фосфору – 0,67–0,89 %, калію – 0,50–0,62 % на суху речовину, залежно від варіантів дослідження. Найбільше сумарно з урожаєм зерна і соломи пшениці озимої виносився азот (60,5–162,4 кг/га), далі калій (31,7–96,0 кг/га), а найменше – фосфор (19,4–57,7 кг/га). Максимальне винесення азоту і калію відзначено за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобрило на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$, тоді як фосфору – у варіанті $N_{120}P_{60}K_{90}$ (рекомендована) + мікродобрило на фоні 1,5 Нг $CaMg(CO_3)_2$. При цьому в середньому у досліді частка винесення азоту та фосфору із зерном від господарського винесення пшеницею озимою становила 81,3 % і 73,2 % відповідно, що зумовлено їхньою роллю у формуванні продуктивності культури. Водночас значна частина калію (68,2 %) залишалася у побічній продукції, що слід враховувати при плануванні живлення наступних культур у сівозміні при її заорюванні.

Доведено, що винесення елементів живлення більшою мірою залежить від рівня урожайності ($R = 0,999–0,991$), ніж від їхнього вмісту в рослинах. Тому при плануванні системи удобрення культури доцільно орієнтуватися на потреби культури в поживних елементах для досягнення запланованого рівня врожайності.

2. Варіювання показників витрат азоту, фосфору та калію на формування одиниці врожаю було незначним ($V > 10\%$), що дозволяє рекомендувати для зони Західного Полісся середні значення витрат елементів на формування одиниці врожаю: 31,4 кг N, 10,9 кг P_2O_5 , 17,5 кг K_2O на 1 т зерна з відповідною кількістю побічної продукції та 25,4 кг, 8,0 кг і 5,5 кг відповідно на 1 т зерна. Оскільки солома та накопичені в ній елементи живлення повертаються в ґрунт при її заорюванні, при визначенні балансу їх кількість невраховувалася. У контролі та фоні надходження поживних елементів значно поступалося обсягам їх винесення з урожаєм, що спричиняло негативний баланс елементів. Найоптимальнішим

варіантом за балансовими показниками для вирощування пшениці озимої за умов повернення побічної продукції в ґрунт є застосування розрахункової дози добрив, яка компенсує винос NPK на формування основної продукції ($N_{130}P_{25}K_{35}$), у поєднанні з позакореневим внесенням мікроелементів на фоні $1,0 \text{ Нг СаMg(CO}_3)_2$. Така система удобрення забезпечує високий рівень інтенсивності балансу калію (130,6 %), запобігає дефіциту азоту (95,7 %) і дозволяє уникнути перенасичення ґрунту рухомими сполуками фосфору (77,7 %), що є важливим для підтримання оптимальної родючості дерново-підзолистого ґрунту.

Опубліковані результати за матеріалами розділу [173; 248].

РОЗДІЛ 6

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ

6.1. Врожайність пшениці озимої залежно від удобрення та хімічних меліорантів

Виробництво конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції й надалі залишається одним із головних завдань сучасного агропромислового комплексу. Урожайність сільськогосподарських культур визначає ефективність технології вирощування та економічну доцільність виробництва, а її рівень залежить від впливу конкретних ґрунтово-кліматичних умов та елементів технології вирощування. Відомо, що отримання високих та стабільних показників урожайності забезпечується шляхом оптимізації умов вирощування, передусім за рахунок внесення мінеральних добрив для створення сприятливих умов для успішного росту і розвитку рослин[63].

Мінеральні добрива є одним із найефективніших та швидкодіючих чинників підвищення врожайності пшениці озимої та покращення якості її зерна. За рахунок раціонального і збалансованого мінерального живлення рослин досягається майже половина приросту врожаю зернових культур [37; 87; 91; 271]. Також відомо, що культура характеризується позитивною реакцією на вапнування кислих ґрунтів, і найвищу окупність удобрення забезпечує нейтральна реакція ґрунтового розчину.

Вивчення особливостей формування врожаю дає можливість встановити залежність між елементами структури урожайності, факторами навколишнього середовища і технологічними елементами.

За результатами досліджень встановлено, що врожайність пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті, насамперед, залежить від його окультурення. Зокрема, без внесення добрив і хімічних меліорантів у середньому за три роки було зібрано лише 2,04 т/га зерна (табл. 6.1), що вказує на суттєву обмеженість продуктивності культури на кислому дерново-підзолистому ґрунті без додаткового живлення.

**Вплив систем удобрення та хімічної меліорації на урожайність пшениці
озимої**

Варіант	Урожайність, т/га				Приріст від контролю	
	2021	2022	2023	середня	т/га	%
Без добрив (контроль)	1,85	2,08	2,19	2,04	—	—
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	2,61	2,66	2,78	2,68	0,64	31,4
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,13	4,64	4,80	4,52	2,48	122,6
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	4,03	4,50	4,61	4,38	2,34	114,7
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	4,40	5,15	5,37	4,97	2,93	143,6
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	3,37	3,74	3,88	3,66	1,62	79,4
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,25	4,75	4,93	4,64	2,60	127,4
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	3,95	4,34	4,48	4,31	2,27	111,3
НІР ₀₅	0,16	0,19	0,17			

Внесення 1,0 Нг CaMg(CO₃)₂ забезпечило зниження кислотності ґрунту, що дало можливість підвищити врожайність зерна культури на 0,64 т/га або 31,4 % за рахунок мобілізації поживних речовин.

Найбільш дієвим способом управління продуктивністю пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті є поєднання хімічної меліорації та удобрення. За внесення на фоні 1,0 Нг CaMg(CO₃)₂ рекомендованої для зони Західного Полісся дози мінеральних добрив (N₁₂₀P₆₀K₉₀) із додаванням позакоренево мікродобрива Нутривант універсальний у середньому за 2021-2023 рр. приріст урожайності зерна склав 122,6% порівняно з контролем. Це підтверджує високу ефективність даної комбінації агрохімічних засобів для підвищення врожайності пшениці. Однак, використання цієї ж дози добрив на фоні 1,5 Нг дози меліоранта хоча й забезпечило

більший приріст, різниця у 0,12 т/га не є статистично значущою ($p \leq 0,05$), що свідчить про незначний вплив дозування меліоранта.

Найвища урожайність зерна пшениці озимої у досліді (4,97 т/га) отримана за внесення дози добрив, розрахованої нормативним методом на винос NPK основною і відповідною кількістю побічної продукції ($N_{150}P_{50}K_{125}$) із дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$. Ця система живлення забезпечила приріст урожаю до контролю (без добрив) на рівні 2,93 т/га (143,6%), до фону – 1,96 т/га (112,2%).

Внесення дози добрив, розрахованої аналогічним методом, але лише з урахуванням винесення основною продукцією пшениці озимої ($N_{130}P_{25}K_{35}$), за інших однакових умов забезпечило середню врожайність 4,38 т/га. Різниця порівняно з рекомендованою дозою склала лише 0,14 т/га, що не перевищує HP_{05} досліді. Це може свідчити, що за високої забезпеченості ґрунту рухомим фосфором і середнього рівня рухомого калію є можливість зменшення доз фосфорних і калійних добрив до рівня відчуження їх товарною продукцією пшениці озимої.

Водночас у варіанті Фон + N_{130} (нормат. зерно) + мікродобриво повне виключення фосфорних і калійних добрив із системи удобрення пшениці озимої, що часто практикується в умовах виробництва, призвело до істотного ($p \leq 0,05$) зниження врожайності зерна – на 0,72 т/га порівняно з $N_{130}P_{25}K_{35}$ + мікродобриво. Це підкреслює важливість правильного підбору і балансування мінеральних добрив для досягнення стабільно високої продуктивності культури.

Щодо впливу різних видів хімічних меліорантів, варто зазначити, що заміна доломітового борошна на вапнякове спричинила незначне (4,6 %) зниження врожайності культури. Це свідчить про те, що хоча вапнякове борошно може бути менш ефективним у порівнянні з доломітовим, його використання все одно забезпечує покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту і сприяє підвищенню врожайності. Проте, саме $CaMg(CO_3)_2$ виявилося найбільш ефективним, оскільки його перевага обумовлена покращенням не тільки фізико-хімічних властивостей ґрунту, а й забезпеченням рослин магнієм, що є надзвичайно важливим для легкого гранулометричного складу ґрунту.

Урожайність пшениці озимої по роках значною мірою залежала від погодних умов періоду вегетації. У 2020–2021 рр. через дефіцит опадів як восени, так і навесні (595,7 мм) та підвищені температури влітку (+3,3 °C у липні), рослини зазнали водного стресу, що знизило врожайність у всіх варіантах. Навіть при внесенні добрив результати були нижчими, ніж у наступні роки. У 2021–2022 рр. погодні умови покращилися: весняне зволоження було достатнім (669,5 мм опадів), а температура сприяла активному росту пшениці. Це дозволило суттєво підвищити врожайність у порівнянні з попереднім роком, особливо за сумісного застосування мінеральних добрив та $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. У 2022–2023 рр. вегетації пшениці озимої умови були найсприятливішими: температура залишалася оптимальною, а кількість опадів (790,8 мм) значно перевищувала середню норму. Це створило ідеальні умови для формування врожаю, що підтвердилося максимальними показниками врожайності у всіх варіантах досліджень.

Таким чином, комплексне застосування добрив із вапнуванням, наряду з оптимальним вологозабезпеченням та температурними умовами, забезпечує значне підвищення врожайності пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. Урожайність зерна пшениці озимої зростала залежно від внесення різних доз і видів меліорантів більше ніж у два рази порівняно з контролем. Досягнення високої врожайності можливе завдяки балансуванню доз добрив відповідно до потреб культури та стану ґрунту.

6.2. Вплив удобрення та вапнування на показники структури врожаю пшениці озимої

Ріст та розвиток рослин упродовж вегетації і формування ними врожаю в посівах зернових колосових культур визначаються структурними елементами врожайності. До основних із них належать: густота стояння рослин (кількість продуктивних стебел на 1 м²), кількість зерен у колосі та маса зерна з колоса. Саме ці вищезгадані компоненти безпосередньо і визначають рівень урожайності [79; 104].

Отримані результати досліджень показали, що під дією вапнування і удобрення елементи структури врожаю істотно змінювались. Найнижчі значення показників структури врожайності отримано на контролі (без добрив) (табл.6.2).

Таблиця 6.2

Формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від удобрення та застосування меліорантів, середнє за 2021-2023 рр.

Варіант	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Довжина стебла, см	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г
Без добрив (контроль)	289	53,9	6,3	25,8	0,71
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	339	64,3	6,8	27,0	0,79
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	390	77,9	8,1	33,9	1,16
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	387	78,2	8,3	33,6	1,13
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	405	80,6	8,7	35,0	1,23
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	362	75,1	7,7	31,4	1,01
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	396	78,9	8,5	34,1	1,19
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	386	76,8	8,0	32,9	1,10
НІР ₀₅	13,5	9,5	0,34	1,02	0,07

Внесення доломітового борошна створило передумови для покращення ефективності мінеральних добрив, забезпечуючи значний приріст усіх структурних показників. Порівняно з контролем у варіанті із внесенням 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ спостерігалось суттєве покращення структурних елементів урожаю. Густота рослин зросла на 39 шт. м², загальна кількість пагонів – на 50 шт. м², кількість зерен у колосі збільшилася на 1,2 шт., що підкреслює важливість хімічної меліорації на кислих ґрунтах.

Покращення мінерального живлення на фоні вапнування сприяло суттєвому підвищенню елементів структури врожаю озимої пшениці порівняно з контролем.

Залежно від дози мінеральних добрив кількість продуктивних стебел зростає на 25,3–40,1%, що свідчить про покращення кущіння та здатність рослин формувати більше продуктивних пагонів. Довжина стебла збільшилася на 39,3–49,5%, що є показником кращого росту та розвитку рослин. Довжина колоса виросла на 22,2–38,1%, що прямо впливає на потенційну кількість зерен у ньому.

Важливим фактором урожайності стало збільшення кількості зерен у колосі на 22,1–36,4%, що свідчить про повноцінне запилення та налив зерна. Маса зерна з колоса зростає найсуттєвіше – на 42,3–73,2%, що підкреслює ефективність застосування вапнування та мінерального живлення для формування більш виповненого зерна.

Найвищі показники елементів структури врожаю були зафіксовані у варіанті внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ за дворазового підживлення мікродобривом на фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$. Кількість продуктивних стебел досягла 405 шт./м², що є максимальним значенням серед усіх варіантів і перевищує контрольний показник на 40,1%. Довжина стебла у цьому варіанті була найбільшою, збільшившись на 49,5% порівняно з контролем. Довжина колоса також досягла максимального значення, що на 38,1% більше, ніж у контролі. Значний вплив спостерігався і на кількість зерен у колосі, приріст 36,4% до варіанту без добрив. Маса зерна з колоса була найвищою (1,23 г) серед усіх досліджуваних варіантів.

Варто зазначити, що у варіанті $N_{130}P_{25}K_{35}$ + мікродобриво на 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ зниження дози фосфору та калію порівняно з рекомендованою нормою не призвело до істотного зменшення показників структури врожаю пшениці озимої, проте була відчутна різниця порівняно з варіантом $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобриво. За дослідженнями Бреннана та Болланда [262], ефективність внесення калійних добрив значною мірою залежить від рівня азоту, доступного для рослин. Загалом, застосування підвищеної норми К збільшило норму N, необхідну для 90% максимального врожаю зерна.

Відсутність фосфору і калію у схемі живлення пшениці озимої у варіанті N_{130} + мікродобриво на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$ призвела до зниження кількості продуктивних стебел на 28-43 шт./м², довжини стебла на 1,7-4,3 см, довжини

колоса на 0,3-1,0 см, кількості зерен у колосі на 1,5-3,7 шт, маси зерен з колоса на 0,1-0,22 щодо варіантів з повним мінеральним живленням. За даними Usman et al. [321], збалансоване надходження поживних речовин сприяє подовженню колоса, що призводить до появи більшої кількості колосків у колосі, та зрештою, важчих і повніших зерен.

Також слід відзначити, що ні види меліорантів ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ або CaCO_3), ні їх дози (1,0 або 1,5 Нг) у поєднанні з $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродоброво не мали істотної різниці у своєму впливі на формування показників структури врожайності. Ljkić та ін. [289], встановили, що вапнування доломітовим борошном значно збільшувало кількість колосків при всіх вапнуваннях порівняно з контролем, але істотної різниці між нормами 5–15 т /га доломіту виявлено не було.

Для оцінки зв'язку між урожаєм зерна та його структурними елементами розраховано коефіцієнт кореляції Пірсона (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Кореляція Пірсона між урожайністю зерна пшениці озимої та елементами структури врожаю

Показники	Урожайність, т/га	Довжина колоса, см	Довжина стебла, см	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Кількість зерен у колосі, шт.
Урожайність, т/га	1				
Довжина колоса, см	0,994	1,000			
Довжина стебла, см	0,972	0,968	1,000		
Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	0,982	0,975	0,972	1,000	
Кількість зерен у колосі, шт.	0,994	0,987	0,978	0,965	1

Кореляція значимості на рівнях ймовірності $p < 0,001$

Результати дослідження виявили сильні позитивні кореляційні зв'язки між урожаєм зерна та структурними елементами з рівнями значимості $p < 0,001$. Особливо високими були коефіцієнти кореляції між урожайністю зерна, довжиною колоса та кількістю зерен у колосі, які в усіх випадках перевищували 0,95. Це

вказує на те, що збільшення цих елементів структури врожайності за допомогою селекції або агрономічної практики може призвести до збільшення продуктивності сільськогосподарських культур.

Роки досліджень відрізнялися за погодними умовами, що безпосередньо впливало на показники окремих елементів структури та загальну врожайність пшениці озимої. У сприятливому за зволоженням 2023 році було зафіксовано формування максимальних показників структури врожаю. Згідно з результатами, оптимальною кількістю продуктивних стебел, при якій було отримано найвищу врожайність (5,37 т/га) у 2023 році, є 416 шт./м². Довжина колоса склала 9,1 см, кількість зерен у колосі досягла 37 шт., а маса зерна з одного колоса становила 1,31 г. (Додаток Д 6.1).

Отже, формування елементів структури врожаю пшениці озимої більше залежало від мінеральної складової, ніж від виду чи дози меліоранту. Найвищі показники врожайності були зафіксовані у варіанті з внесенням N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ та мікродобрива на фоні CaMg(CO₃)₂, де кількість продуктивних стебел, довжина стебла та кількість зерен у колосі істотно перевищували контрольні значення. Відсутність фосфорно-калійного живлення у варіанті Фон + N₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво призводило до істотного зниження показників структури врожайності у порівнянні з повною складовою мінерального удобрення. Кореляційний аналіз виявив сильні позитивні зв'язки між урожаєм зерна та основними елементами структури врожаю, що свідчить про важливість оптимального мінерального живлення для досягнення високих показників продуктивності. Збільшення довжини колоса і кількості зерен у ньому може суттєво підвищити врожайність пшениці озимої.

6.3. Якість зерна пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування

Зазвичай питання необхідності збільшення обсягів та ефективності виробництва зерна продовольчих культур в Україні вирішується шляхом підвищення врожайності, проте разом із завданням зі збільшення валових зборів

існує не менш важлива проблема – підвищення якості зерна. За узагальненими даними провідних наукових установ доведено [54; 94; 184; 185; 227], що якість зерна пшениці залежить насамперед від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей сорту та технології вирощування. З найважливіших заходів у технології вирощування пшениці озимої, що забезпечує підвищення врожайності та якості зерна є застосування мінеральних добрив [251], особливо азотних [32; 98]. При нестачі азоту в ґрунті жоден сорт не здатний сформувати зерно з високим вмістом білка і клейковини [67]. Вважається що оптимальною дозою азотних добрив для поліпшення якості зерна є 90-120 кг/га діючої речовини [68]. Фосфорні і калійні добрива підвищують якість зерна при збалансованому забезпеченні NPK [47], при цьому норма азоту має бути вищою в 1,5-2,0 рази ніж фосфору і калію [102].

Значний вплив на вміст білка та клейковини в зерні пшениці озимої мають також погодні умови, особливо температура та відносна вологість повітря. Доведено [26; 63], що за оптимального зволоження білковість зерна не знижується та не погіршуються його технологічні якості, а надмірне зволоження в період формування зерна супроводжується зменшенням вмісту білка та клейковини.

Проведеними дослідженнями встановлено, що різні системи удобрення та меліоранти мали позитивний вплив на формування показників якості зерна пшениці озимої. Найвищі показники якості зерна пшениці озимої сформувалися за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ сумісно із внесенням позакореневого підживлення мікродобривом Нутрівант Універсальний, 2 кг/га (двічі) на фоні 1,0 дози N_T доломітового борошна (табл. 6.4).

Важливим технологічним показником якості зерна є маса 1000 зерен, яка характеризує його виповненість та розміри. Вважається, що маса 1000 зерен понад 35 г є дуже високою, в межах 30–35 г – високою, 27–30 г – середньою, а менше 27 г – низькою [183]. Середні значення маси 1000 зерен за роки досліджень коливалися від 27,4 до 35,1 г, залежно від варіанту дослідження. Зокрема, на удобрених варіантах цей показник був високим, а на варіантах без добрив – середнім.

**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 сирі 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

Варто зазначити, що за внесення різних доз НРК та мікродобрива на фоні вапнування маса 1000 зерен істотно не змінювалася (НІР₀₅ = 1,43). Лише у варіанті N₁₃₀ + мікродобриво маса 1000 зерен була на 4,6–9,0% меншою порівняно з варіантами з повним мінеральним живленням. Найвища маса 1000 зерен (35,1 г) була досягнута за внесення мінеральних добрив у нормі N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ + мікродобрива фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂.

Також важливо відзначити, що заміна доломітового борошна на вапнякове у ролі хімічного меліоранту, а також застосування доз 1,0 або 1,5 Нг CaMg(CO₃)₂ за внесення N₁₂₀P₆₀K₉₀ + мікродобриво не призвели до істотної різниці маси 1000 зерен.

Натура зерна найбільш широко характеризує фізичні властивості зерна: щуплість, виповненість, шорсткість й опушеність [67]. Порівняно з контролем

внесення 1,0 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ обумовило збільшення натурі зерна до 723 г/л (2,1%). Удобрення на фоні вапнування сприяло зростанню даного показника на 22–58 г/л (3,1-8,2%) щодо варіанту без добрив (контроль). Найвищою – 766 г/л вона була у варіанті $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + мікродобриво на фоні 1,0 норми $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Порівняння показників натурі зерна у варіантах із дозами 1,0 та 1,5 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, що були фоном для застосування $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, показало, що їх різниця не перевищувала HP_{05} , що вказує на її статистичну незначущість за $p \leq 0,05$.

Головними показниками якості зерна пшениці озимої є вміст білка та клейковини [67]. За роки досліджень спостерігалася однакова закономірність по всіх варіантах у накопиченні білка і сирі клейковини. Вміст білка зростав на 1,8–3,0%, сирі клейковини на 2,5–9,3 % за внесення мінеральних добрив на фоні вапнування щодо контролю. Встановлено, що найвищий вміст білка (13,1%), клейковини (25,1%) у середньому за роки досліджень було отримано у варіанті $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + мікродобриво на фоні 1,0 дози Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Варто відмітити, що у варіанті $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ вміст білка був на 0,6%, клейковини – 5,3% більшим порівняно з лише азотною системою удобрення (N_{130}).

Загалом, внесення різних доз мінеральних добрив на фоні 1,0 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ не призвело до істотних відмінностей у показниках якості зерна пшениці озимої, зокрема в масі 1000 зерен, натурі, вмісті білка та клейковини. Так, порівнюючи варіанти з дозами $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ та $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$, а також варіанти зі зниженою дозою $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ за інших однакових умов, можна зробити висновок, що зміни в дозах добрив не мали суттєвого впливу на ці показники за $p \leq 0,05$.

За порівняння вмісту білка і клейковини у варінатах внесення доломітового чи вапнякового бороша та доз 1,0 і 1,5 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ у поєднанні з $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродобриво істотної різниці встановлено не було.

Отже, при застосуванні як $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, так і CaCO_3 (фон), незалежно від дози, сумісно із різними дозами мінеральних добрив (NPK) і дворазового позакореневого підживлення мікродобривом Нутрівант, отримане зерно відповідало не нижче III класу якості згідно зі стандартами ДСТУ 3768:2019 [57].

У роки досліджень найбільш сприятливий за погодними умовами для вмісту білка та сирі клейковини був 2022 рік. У 2023 році було отримано найвищий врожай зерна пшениці озимої, але через надмірну кількість опадів у період закінчення вегетації пшениці озимої її зерно мало дещо нижчі показники якості порівняно з попереднім роком досліджень.

Таким чином, зниження дози добрив до визначеної нормативним методом на винос азоту, фосфору та калію основною продукцією не призводить до втрати якості зерна порівняно з іншими варіантами, що підтверджує її ефективність застосування.

Висновки до розділу 6

1. Найбільш ефективним способом управління продуктивністю пшениці озимої є поєднання хімічної меліорації та удобрення. Найвища врожайність (4,97 т/га) у середньому за 2021-2023 рр. у досліді була досягнута при внесенні добрив у дозі $N_{150}P_{50}K_{125}$ з дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$, що забезпечило приріст урожаю на 143,6% порівняно з контролем. За внесення розрахованої нормативним методом дози на винос елементів основною продукцією (Фон + $N_{130}P_{25}K_{35}$ (нормат. зерно) + мікродобриво) отриманне зниження урожайності на 0,14 т/га було статистично незначущим ($p \leq 0,05$) у порівнянні з рекомендованою дозою $N_{120}P_{60}K_{90}$. Однак, повне виключення фосфору і калію у варіанті Фон + N_{130} (нормат. зерно) + мікродобриво призвело до зниження врожайності на 0,72 т/га, підкреслюючи важливість збалансованого удобрення для підтримки високої продуктивності пшениці.

2. Найкращі показники структури врожаю, зокрема кількість продуктивних стебел (405 шт./м²), довжина стебла (80,6 см), довжина колоса (8,7 см), кількість зерен у колосі (35,2 шт.) та маса зерна в колосі (1,23 г), було досягнуто при внесенні $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) у поєднанні з удобренням $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобриво. Відсутність фосфору і калію у схемі живлення пшениці озимої призвела до істотного зниження показників структури врожаю пшениці. Проте вид меліорантів

($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ або CaCO_3) та норма (1,0 або 1,5 Нг) у поєднанні з $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (реком.) + мікродобри́во не мали істотного впливу на формування показників структури врожаю.

3. Підвищення якості зерна пшениці від озимої застосування мінеральних добрив на фоні меліорантів було істотним порівняно з контролем і фоном. Однак, хоча найкращі показники якості (маса 1000 зерен, натура, вміст білка та клейковини) були досягнуті при внесенні добрив $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ із дворазовим позакореневим підживленням мікродобри́вом на фоні 1,0 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, застосування інших доз добрив, видів і доз меліорантів не спричинило суттєвих змін у якості зерна при $p \leq 0,05$, яке за стандартом відповідало не нижче III класу якості (ДСТУ 3768:2019). Отже, зниження доз добрив до нормативних значень, що відповідають виносу азоту, фосфору та калію основною продукцією, не призводить до втрати якості зерна, що підтверджує ефективність такої системи удобрення.

Опубліковані результати за матеріалами розділу [175; 234; 236; 237; 239; 323].

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ

В умовах ринкових відносин економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур набуває першочергового значення як один із найважливіших чинників їх конкурентоспроможності. Добір економічних варіантів технології, які забезпечують окупність затрачених ресурсів з максимальною ефективністю, необхідно розробляти на основі оцінки результатів досліджень та всебічного аналізу елементів технологічного процесу. Це забезпечить збільшення обсягів виробництва продукції, покращення її якості та зниження виробничих витрат. За літературними даними підвищення продуктивності та рентабельності вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі пшениці озимої, відбувається зазвичай завдяки додаткових вкладів антропогенної енергії, яка матеріалізується у вигляді нових сортів, форм добрив і способів їх застосування [76].

Цінність наукових розробок для виробництва, як правило, оцінюється за величиною додаткового прибутку, який потенційно можна отримати від їх впровадження. В умовах Полісся через низьку природну родючість ґрунтів для підвищення їх продуктивності необхідно періодично їх вапнувати і вносити підвищені дози добрив. Внаслідок цього, частка витрат на системи удобрення сільськогосподарських культур у цій зоні порівняно з іншими регіонами є найбільшою в структурі витрат на їх вирощування.

Тому пошук найбільш економічно вигідних варіантів вапнування кислих ґрунтів та удобрення сільськогосподарських культур є важливою передумовою раціонального використання земельного фонду Полісся.

Основні показники економічної ефективності як окремих елементів технології, так і її загалом залежать від співвідношення між вартістю приросту врожайності і витратами на їх застосування. Вартість приросту зерна пшениці озимої у досліді залежала не тільки від його величини, але й від якості продукції.

Хімічна меліорація в комплексі з оптимальним удобренням сприяли отриманню кращого за класністю зерна порівняно з іншими варіантами.

Пшениця озима дуже добре реагувала на вапнування ґрунту та мінеральні добрива. Приріст врожайності зерна під дією цих чинників в середньому за три роки варіював від 0,64 до 2,93 т/га (табл.7.1).

Таблиця 7.1

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від
удобрення та хімічних меліорантів (в середньому за 2021-2023 рр.)**

Варіант	Урожайність, т/га	Приріст від вапнування та удобрення, т/га	Заграти на вапнування та удобрення, грн	Вартість приросту урожаю, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га
Без добрив (контроль)	2,04	—	—	—	—
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	2,68	0,64	1200,0	3922,4	2642,4
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,52	2,48	15244,3	17361,9	1905,6
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	4,38	2,34	12140,3	16358,7	4306,4
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	4,97	2,93	18191,1	20479,1	2363,5
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	3,66	1,62	9678,2	10714,6	1092,3
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,64	2,60	15844,3	18181,2	2296,9
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,31	2,27	15374,3	15862,9	987,4

На фоні внесення 1,0 дози за гідролітичною кислотністю доломітового борошна вартість приросту врожаю порівняно з контролем становила 3922,4 грн/га. Поєднання хімічної меліорації ґрунту і мінерального удобрення сприяло різкому збільшенню приросту врожайності і відповідно його вартості. За внесення на фоні хімічної меліорації N₁₂₀P₆₀K₉₀ вартість приросту врожайності склала 17361,9 грн/га, що на 13439,5 грн/га більше порівняно з фоном.

Найвищий приріст врожайності – 2,93 т/га, забезпечило внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ +мікродобрино на фоні однієї дози доломітового борошна. Відповідно це обумовило і саму високу порівняно з іншими варіантами його вартість – 20479,1 грн/га.

Аналіз витрат на хімічну меліорацію ґрунту, удобрення, збирання, транспортування та перероблення приросту врожайності показав, що вони зростали із збільшенням доз меліорантів та мінеральних добрив. На фоні 1,0 Нг дози $CaMg(CO_3)_2$ найвища сума витрат – 18191,6 грн/га, відзначена за внесення встановленої нормативним методом доза добрив, яка становила $N_{150}P_{50}K_{125}$.

У сучасних умовах додаткові вкладення коштів у технології вирощування сільськогосподарських культур мають сенс, якщо вони забезпечують зростання прибутковості виробництва. Співставлення вартості приросту врожайності зерна пшениці озимої від внесених у досліді хімічних меліорантів та різних доз мінеральних добрив з витратами, пов'язаними з їх застосуванням показало, що найбільші витрати хоч і забезпечували найвищі прирости врожайності, були менш економічно окупними порівняно з іншими варіантами. В середньому за три роки досліджень найвищий умовно чистий прибуток, який склав 4306,4 грн/га, отримано за внесення на фоні 1,0 дози доломітового борошна $N_{130}P_{25}K_{35}$ +мікродобрино, тобто найбільш ефективною виявилась доза добрив, встановлена за нормативами витрат на формування одиниці урожаю зерна.

Зміни у системах удобрення сільськогосподарських культур, як правило, супроводжуються зміною не тільки економічних, а й енергетичних показників ефективності їх застосування. Така особливість розвитку сільського господарства дає підстави розглядати виробництво продукції рослинництва як енергетичну проблему [283].

Для оцінки енергетичної оцінки різних систем удобрення пшениці озимої порівнювали витрати енергії на 1 га, сумарну енергоємність основної і побічної продукції та коефіцієнти енергоефективності на різних варіантах досліду. Хімічна меліорація ґрунту та мінеральні добрива сприяли істотному збільшенню акумульованої в урожаї пшениці озимої енергії. На фоні вапнування $CaMg(CO_3)_2$

(1,0 Нг) енергоємність вирощеного врожаю порівняно з контролем зроста з 71,4 до 88,5 ГДж/га, а за внесення на фоні вапнування різних доз мінеральних добрив – до 125,5-152,4 ГДж/га, або у 1,8-2,1 рази (табл.7. 2).

Таблиця 7.2

**Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої залежно від
удобрення та хімічних меліорантів, середнє за 2021-2023 рр.**

Варіант	Валова енергія в основній і побічній продукції, тис. ГДж/га	Затрати сукупної енергії на вирощування, тис. ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт, од.
Без добрив (контроль)	71,4	18,4	3,88
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	88,5	22,3	3,97
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	140,1	32,9	4,26
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	140,8	33,4	4,22
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	152,4	36,2	4,21
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	125,5	32,0	3,92
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	147,7	33,8	4,37
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	138,8	33,6	4,13

Найбільший вихід валової енергії з основною і побічною продукцією пшениці озимої забезпечило внесення на фоні 1,0 Нг дози доломітового борошна N₁₅₀P₅₀K₁₂₅+мікродобриво.

Затрати сукупної енергії на вирощування пшениці озимої залежно від удобрення становили 22,3-36,2 ГДж/га за 18,4 ГДж/га на контролі.

З енергетичної точки зору вирощування пшениці озимої на контролі (без добрив), на варіантах з внесенням CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) і N₁₃₀ на фоні доломітового борошна виявились найменш ефективним, оскільки енерговіддача менша і складала 3,88-3,97 од., тоді як за поєднання різних доз азотних, фосфорних,

калійних добрив у комплексі з мікродобривом на фоні хімічних меліорантів енергетичний коефіцієнт перевищував 4 од., що є свідченням підвищення енергоощадності технології вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся.

Висновки до розділу 7

1. Основні показники економічної ефективності залежать від співвідношення вартості приросту врожайності та витрат на їх застосування. Найвищий приріст урожайності зерна (2,93 т/га) у досліді за внесення $N_{150}P_{50}K_{125}$ + мікродобриво на фоні 1,0 дози $CaMg(CO_3)_2$ обумовив найвищу вартість приросту врожаю – 20479,1 грн/га. Однак, збільшення витрат за підвищених доз меліорантів і добрив у досліді не є найбільш економічно окупними. Найвищий умовно чистий прибуток (4306,4 грн/га) був отриманий за внесення на фоні 1,0 дози доломітового борошна $N_{130}P_{25}K_{35}$ + мікродобриво, що підтверджує ефективність застосування добрив у дозах встановлених нормативним методом на винос елементів живлення на формування врожаю зерна без істотних втрат як урожайності так і якості зерна порівняно з рекомендованою дозою.

2. Поєднання різних доз азотних, фосфорних та калійних добрив разом із мікродобривами на фоні хімічних меліорантів призвело до значного підвищення енергетичної ефективності, що підтверджується коефіцієнтом енергетичної ефективності понад 4 одиниці. Це вказує на підвищену енергоощадність запропонованих систем удобрення пшениці озимої за умови вапнування дерново-підзолистого ґрунту Західного Полісся.

Опубліковані результати за матеріалами розділу [174].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі запропоновані агрохімічно та економічно обґрунтовані підходи до встановлення доз мінеральних добрив під пшеницю озиму на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся та оптимізації їх кислотно-основних і поживних властивостей:

1. Встановлено переваги використання доломітового борошна як хімічного меліоранта порівняно з вапняковим. Застосування 1,0 Нг доломітового борошна та доз мінеральних добрив відповідно схеми дослідів у середньому за роки досліджень забезпечило показник рН в межах 5,64–5,74 од., гідролітичної кислотності 1,38-1,44 ммоль/100 г ґрунту. За різних систем удобрення на фоні 1,0 і 1,5 дози Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ відношення $\text{Ca}:\text{Mg}$ було оптимальним – 2,99–3,18:1, тоді як використання у якості меліоранта 1,0 дози Нг CaCO_3 призвело до розширеного відношення кальцію до магнію (11,0:1).

2. Досліджено, що максимальний вміст легкогідролізних сполук азоту (48,3-62,5 мг/кг) та калію (66,5-81,6 мг/кг) у орному шарі залежно від фази культури зафіксовано у варіанті $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ + мікродобриво (двічі) на фоні $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг). Найвищий вміст рухомих сполук фосфору у 0-20 см шарі – 264,6–278,4 мг/ кг ґрунту встановлено у варіанті $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ + МД.

3. З'ясовано, що максимальні площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу у фази розвитку пшениці озимої сформувалися за внесення $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво на фоні 1,0 Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні, інтенсивністю фотосинтезу й урожайністю культури. Визначено, що найменший коефіцієнт водоспоживання відзначено при застосуванні розрахункової дози добрив за нормативами виносу елементів живлення на формування зерна і відповідної кількості соломи ($\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$) із позакореневим підживленням на фоні хімічної меліорації, що обумовлено найвищою врожайністю культури.

4. Уточнено середні значення витрат азоту, фосфору та калію залежно від досліджуваних чинників на формування одиниці врожаю для зони Західного Полісся: 31,4 кг N, 10,9 кг P_2O_5 , 17,5 кг K_2O на 1 т зерна з відповідною кількістю побічної продукції та 25,4 кг, 8,0 кг і 5,5 кг відповідно на 1 т зерна, що дозволяє їх рекомендувати для зони Західного Полісся. Найоптимальнішим варіантом за балансовими показниками для вирощування пшениці озимої за умов повернення побічної продукції в ґрунт є застосування розрахункової дози добрив, яка компенсує винос NPK на формування основної продукції ($N_{130}P_{25}K_{35}$), у поєднанні з позакореневим внесенням мікроелементів на фоні $1,0 \text{ Нг CaMg(CO}_3)_2$.

5. Встановлено, що найвища врожайність (4,97 т/га) у середньому за роки досліджень у досліді з найкращими показниками структури врожаю та якості зерна були досягнуті при внесенні добрив у дозі $N_{150}P_{50}K_{125}$, розрахованій за виносом елементів основною і побічною продукцією з дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом на фоні $1,0 \text{ Нг CaMg(CO}_3)_2$. Проте зниження доз добрив до нормативних значень, розрахованих за виносом елементів основною продукцією також забезпечує збереження високого рівня врожайності та якості зерна, що свідчить про доцільність застосування такого підходу для раціонального використання елементів живлення в умовах дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся.

6. Встановлено, що найбільш економічно ефективним було застосування мінеральних добрив в дозі $N_{130}P_{25}K_{35}$, розрахованих нормативним методом на винос лише основної продукції в комплексі з позакореневим підживленням мікродобривом (двічі) на фоні $1,0 \text{ Нг}$ дози $\text{CaMg(CO}_3)_2$, що забезпечило отримання 4306,4 грн/га умовно-чистого прибутку. Поєднання різних доз азотних, фосфорних та калійних добрив разом із мікродобривами на фоні хімічних меліорантів призвело до значного підвищення енергетичної ефективності, що підтверджується коефіцієнтом енергетичної ефективності понад 4 одиниці.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Західного Полісся на дерново-підзолистому ґрунті з низьким рівнем забезпеченості азотом, середньою калієм і високим фосфором для отримання врожаю зерна пшениці озимої на рівні 5,0 т не нижче III класу якості рекомендується проводити хімічну меліорацію доломітовим борошном у одинарній дозі, визначеній за вихідним показником гідролітичної кислотності ґрунтового розчину, у поєднанні з дозою мінеральних добрив ($N_{130}P_{25}K_{35}$), визначеною нормативним методом з урахуванням виносу елементів живлення основною продукцією та їхнього вмісту у ґрунті, із дворазовим позакореневим підживленням (у фазу кущення та виходу в трубку) мікродобривом (Нутривант універсальний по 2 кг/га) за використання на удобрення побічної продукції культури. Азотні (N_{30}), фосфорні й калійні добрива вносити під основний обробіток ґрунту, а решту азоту і мікродобрива в підживлення наповесні. Така схема удобрення сприяє оптимізації витрат на добрива, зменшенню навантаження на екосистему, збереженню родючості ґрунту та максимізації економічного ефекту при вирощуванні пшениці озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Агрохімічний аналіз: практикум. За ред. М.М. Городнього. Київ : Арістей, 2007. 273 с.
2. Адамень Ф. Ф., Радченко Л. А., Женченко К. Г. Площа листової поверхні озимої пшениці як фактор продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2010. № 71, ч. 3. С. 40–41.
3. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / за наук. ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, Б. С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
4. Балаєв А.Д., Бикін А.В., Веселовський І.В. та ін. Довідник керівника сільськогосподарського підприємства (рослинництво). Національний аграрний університет. Київ. 2002. 64 с.
5. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В., Комариста А.В. Розрахунок балансу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Х.: КП «Міська друкарня». 2011. 30 с.
6. Балюк С. А., Лісовий М. В. Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України (довідниково-нормативна інформація). Харків: Смугаста типографія, 2016. 46 с.
7. Балюк, С., Носко, Б., Воротинцева, Л. Регулювання родючості ґрунтів та ефективності добрив в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 96(4). С. 5-12. <https://www.agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/642>.
8. Балюк С. А, Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Хімічна меліорація ґрунтів (Концепція інноваційного розвитку). Харків: Міськдрук, 2012. 129 с.
9. Бомба М. Я. Вплив способів обробітку та добрив на агрохімічні показники родючості ґрунту і продуктивність травосуміші. *Агрохімія*. 1990. № 2. С. 34–40.
10. Вапнування кислих ґрунтів як основа підвищення ефективності дії добрив / Мазур Г.А., Сімачинський В.М., Медвідь Ю.Г. та ін. *Збірник наукових праць*

Інституту землеробства Української академії аграрних наук (випуск 1). К.: Нора-прінт, 1998. С. 3–9.

11. Василенко Н. В., Правдзіва І. В., Близнюк Р. М., Хоменко С. О. Урожайність і якість сортів пшениці м'якої ярої миронівської селекції залежно від гідротермічних умов року. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 9. С. 91–97.

12. Веремеєнко С.І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України. Луцьк: Надстир'я. 1997. 314 с.

13. Веремеєнко С. І., Польовий В. М., Трушева С. С. Зміна складу та властивостей дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України під впливом тривалого сільськогосподарського використання: Монографія. Рівне: НУВГП, 2013. 180 с.

14. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва [Е. Г. Дегодюк, В. Ф. Сайко, М. С. Корнійчукта ін.]. К.: Урожай, 1992. 320 с.

15. Віндюк М.Г. Вплив гною та його поєднання з мінеральними добривами на врожай озимої пшениці. *Зрошуване землеробство*. 1973. № 15. С. 22-24.

16. Гаврилюк В.Б. Охорона родючості ґрунтів – основа продовольчої безпеки держави. *Сталий розвиток агроєкосистеми*: Матеріали міжн. конф. Вінниця. 2002. С. 61-64.

17. Гарилюк В. Б., Яворов В. М., Вахняк В. С. Сучасні аспекти проблеми збереження та відтворення родючості ґрунтів Хмельниччини. *Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні засади сталого розвитку національного господарства»*. Кам'янець-Подільський. 2014. С. 150-153.

18. Гамаюнова В.В., Дворецький В.Ф., Сидякіна О.В., Глушко Т.В. Формування надземної маси ярих пшениці та тритикале під впливом оптимізації їх живлення на півдні України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (61). Т. 1. С. 20–28.

19. Гамаюнова В. В., Конащук І. О. Вплив фону живлення на формування листової поверхні та продуктивності озимого та ярого тритикале в південній зоні України. *Таврійський науковий вісник*. 2007. Вип. 52. С.56–60.

20. Гамаюнова, В. В., Смірнова, І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. *Наукові горизонти*. 2018 (1). С. 10-14.

21. Гасаненко О.Я., Піскун В.Ф., Малярчук М.П. Основні прийоми та засоби підвищення насінних якостей озимої пшениці в умовах зрошення. *Вісник с.-г. науки*. 1986. № 8. С. 26-28.

22. Гасанова І.І., Бондаренко А.С., Пороцька А.С, Гирка А.Д. Вплив заходів агротехніки на якість зерна озимої пшениці в північному Степу. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН*. Дніпропетровськ, 2006. № 26–27. С. 95–98.

23. Гирка А. Д. Формування врожайності та якості зерна озимої пшениці залежно від підживлення і засобів захисту в умовах північного Степу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09. Дніпропетровськ. 2007. 26 с.

24. Гоголів І.М. Зрошення на Одещині. Грунтоєкологічні та агротехнічні аспекти. Одеса: Ред.-вид. відділ. 1992. 436 с.

25. Городній М.М., Бикін А.В., Нагаєвська Л.М. Агрохімія. Київ, 2003. 786 с.

26. Городній М.М., Мазуркевич Л.І., Кудрявицька А.М. Вплив добрив на врожайність і якість зерна пшениці в у умовах північного Лісостепу. *Зб. наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2003. Вип. 4. С. 39-45.

27. Городній М.М., Макаренко М.В. Прогнозування врожаю зерна озимої пшениці за вмістом мінерального азоту в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті північного Лісостеп України. *Аграрна наука і освіта*. 2003. Т.4. №3–4. С. 54–57.

28. Городній М.М. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення. К.: Алефа. 2004. 140 с.

29. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.

30. 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.

31. Господаренко Г.М., Любич В.В., Мартинюк А.Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 34-38. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.5>.

32. Господаренко Г.М., Любич В.В., Матвієнко Н.П. Хлібопекарські властивості зерна пшениці озимої залежно від удобрення, попередника та тривалості зберігання. *Агробіологія*. 2018. № 1 (138). С. 98–106.

33. 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. №1. С. 32-36. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-32-36.

34. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив. К. : ЗАТ «НІЧЛАВА». 2002. 344 с.

35. Господаренко, Г. М., Прокопчук, І. В., Нікітіна, О. В. Вплив тривалого застосування добрив на вміст легкорозчинних сполук калію в чорноземі опідзоленому. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 1. С. 5-13.

36. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Черно О.Д., Бойко В.П. Зміна фізико-хімічних показників родючості чорнозему опідзоленого в сівозміні залежно від різного удобрення. *Наукові горизонти*. 2019. № 7(80). С. 55-61. DOI:10.33249/2663-2144-2019-80-7-55-62.

37. 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.

38. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА». 2022. 376 с.

39. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс основних елементів живлення в ґрунті за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. 2015. Вип. 2. С. 47–50.

40. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Винос калію культурами польової сівозмінні і його баланс при тривалому застосуванні добрив. *Вісник аграрної науки*. 1999. №9. С. 21–24.

41. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Мартинюк А.Т., Бойко В.П. Винесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозмінні за різного удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник*. 2021. Вип. 91. Харків: ННЦ «ІА ім. О. Н. Соколовського». 2021. С. 31-40. <https://doi.org/10.31073/acss91-04>.

42. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Мартинюк А.Т. Вплив вапнування на кислотно-основні властивості чорнозему опідзоленого. *Збірник наукових праць Уманського Національного Університету садівництва*. 2022. С. 17-26. DOI:10.31395/2415-8240-2022-100-1-17-26.

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

44. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів К.: ЗАТ «НІЧЛАВА». 2003. С.17–18.

45. Гусєв М.Г. Продуктивність проміжних пізньолітніх кормових сумішок залежно від норм азотних добрив. *Зрошуване землеробство. Республіканський міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Київ: Урожай, 1991. Вип. 36. С. 69-76.

46. Давидюк, Г., Шкарівська, Л., Клименко, І., Довбаш, Н., Кушук, М. Вплив різних систем землеробства на вміст рухомих сполук калію в ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2024. Вип. 102(2). С 11-18. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-02>.

47. Дегодюк Є.Г., Головащук Ж.Т., Удобрення зернових, круп'яних та зернобобових культур. *Наукові засади сталого ведення зернового господарства*. К.: Урожай, 1989. С. 108-135.

48. Дегодюк Є.Г., Сайко В.Ф., Корнійчук М. С. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ : Урожай, 1992. 310 с.

49. Дегодюк С.Е., Кириченко А.В. Вплив тривалого застосування добрив на трансформацію фізико-хімічних показників і гумусу в сірому лісовому ґрунті. *Охорона навколишнього природного середовища*. 2015. № 1. С. 46 – 49.
50. Демешев Л.Ф., Барановський А.В., Єфременко О.В., Павленко І.Н., Русланова Є.В. Вплив азотних добрив на продуктивність і якість зерна. *Агроном*. 2005. № 3. С. 16-18.
51. Демиденко О.В., Шаповал І.С., Бойко П.І., Величко В.А. Обіг азоту в різноротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 7. С. 59-67.
52. Десятник М.М. Продуктивність озимої пшениці в залежності від попередників та добрив при вирощуванні її на звичайному чорноземі північного Степу України. Дн-ськ. 1994р. 16 с.
53. Джон Харап'як. Озимій пшениці потрібний додатковий азот. *Зерно*. 2007. № 1. С.65 -67.
54. Довідник з вирощування озимої пшениці. В. Г. Влох, М. Я. Бомба, В. В. Лихочвор та ін. Львів: Українські технології, 1998. С. 54–56.
55. Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України 189 (довідково-нормативна інформація) / за ред.: С. А. Балюка, М. В. Лісового. Харків : Смугаста типографія, 2016. 46 с.
56. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ. 2007. 7 с.
57. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови [Чинний від 2019-05-22]. Вид.оф. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 15 с.
58. Дубицький О. Л., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Щерба М. М. Роль чутливих до сонячної радіації ознак потужності фотосинтетичного апарату листків у формуванні зернової продуктивності пшениці озимої за біологізованих систем удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. № 61. С. 14–28.

59. Дудкіна О. Н. Каплун А. А. Азотне підживлення пшениці. *Пропозиція*. 2010. № 7. С. 76-77.

60. Дудкіна О.Н., Каплун А.А. Урожай формує листя [Електронний ресурс]. *Пропозиція*. 2010. № 6. С. 20-22. URL: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=3317&number=110>.

61. Єрмолаєв М.М., Шиліна Л.І., Літвінов Д.В. Закономірності формування водного режиму в сівозмінах на чорноземах Лісостепу Лівобережно-го. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 6. С. 13–17.

62. Желязков О.І. та ін. Фотосинтетична діяльність рослин пшениці озимої залежно від технологічних прийомів вирощування в Присивашші. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ : Нова ідеологія. 2012. № 2. С. 103–105.

63. Жемела Г. П. Добрива, урожай і якість зерна. К.: Урожай, 1991. 136 с.

64. Жемела Г. П. Мусатов А.Г. Агротехнічні основи підвищення якості зерна. К. : Урожай, 1989. 160 с.

65. Жемела Г.П., Писаренко П.В. Удосконалення технології вирощування екологічно чистого і якісного зерна озимої пшениці. *Зб. наукових праць Уманського держ. агр. ун-ту (Спец. випуск. Біологічні науки і проблеми рослинництва)*. Умань, 2003. С. 702–707.

66. Жемела Г.П., Шевніков Д.М. Фотосинтетична продуктивність посівів пшениці твердої ярої залежно від мінеральних добрив та біопрепаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 36–40.

67. Жемела Г.П. Якість зерна озимої пшениці. Київ: Урожай, 1973. 184 с.

68. Животков Л.О., М.В. Душко, Степаненко О.Я. Ресурсозберігаюча і екологічно чиста технологія вирощування озимої пшениці.К.: Урожай, 1992. 224 с.

69. Заєць С.О., Кисіль Л.Б. Фотосинтетична діяльність рослин і врожайність зерна ячменю озимого (*Hordeum vulgare* L.) залежно від сорту, строків сівби та регуляторів росту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11. № 1-2. С. 34-41.

70. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівоzmінах. Монографія. Київ: Аграрна наука, 2015. 207 с.
71. Зінченко О.І. та ін. Рослинництво. К.: Аграрна освіта. 2003. 590 с.
72. Зубець М.В. та ін. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України. Київ: Аграрна наука, 2010. 944 с.
73. Зубковська В. В. Винос рухомих форм фосфатів промивними водами із ґрунтової маси орного шару дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2013. № 80, С. 127-131.
74. Іванова Т.І., Цигуткін А.С., Костіна Л.П. Вивчення впливу добрив на фізичні властивості зерна озимої пшениці на основі постановки досвіду за неповною факторіальною схемою. *Агрохімія*. 1999. №4. С. 56-60.
75. Каленська С. М., Каленський В. П., Антал Т. В., Гарбар Л. А. Якість зерна насіння, економічна та енергетична ефективність вирощування сортів пшениці твердої ярої. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2012. № 12. С. 95–101.
76. Калінчик М. В. Ільчук М. М., Калінчик М. Б. Економічне обґрунтування норм внесення мінеральних добрив залежно від ціни на ресурси та продукцію. Київ : Нічлава, 2006. 43 с.
77. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Землеробство ХХІ століття – проблеми та шляхи вирішення. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 3–1.
78. Кияк Г.С., Дубровський С.Б., Онищук Д.М. Рослинництво. К.: Вища школа, 2012. 417 с.
79. Кірчук І. С., Пішта Д. С., Кірчук Г. А. Елементи структури врожаю озимої пшениці в умовах південно-західної частини Степу. *Хранение и переработка зерна*. 2012. № 7 (157). С. 18–20.
80. Когут П.М., Лихочвор В.В. До питання підживлення сортів озимої пшениці азотними добривами на різних етапах органогенезу. *Проблеми агропромислового комплексу України: стан і перспективи: тези наук. конф. присвяченої 140-річчю заснування ЛДСГП*. Львів: Львів. держ. с.-г. ін-т, 1996. С. 32–33.

81. Козловський Є. В., Небольсін А. Н [та ін.] Вапнування ґрунтів. Л., 1983. 282 с.

82. Компанієць В.О. Еколого-економічні аспекти застосування добрив у технології вирощування озимої пшениці. *Вісн. Полтав. держ. аграр. акад.* 2006. №2. С.148–153.

83. Кононюк Л.М., Олійник К.М., Асанішвілі Н.М. Ефективність технологій вирощування озимої пшениці в північному Лісостепу. *Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН.* К., 2004. С. 61–66.

84. Кононюк Л.М., Олійник К.М., Давидюк Г.В., Асанішвілі Н.М. Якість зерна озимої пшениці залежно від технології вирощування в північному Лісостепу. *Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН.* К., 2002. Вип. 1. С. 77–80.

85. Котвицький Б.Б. Ефективні системи удобрення у сівозмінах західних Полісся та Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2007. Вип. 49. С. 76-88.

86. Кравець І. С. Зміни в азотному фонді та баланс азоту чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2001. 20 с.

87. Крамарьов С.М., Жемела Г.П., Шакалій С.М. Продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення в умовах лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2014, № 6. С. 61–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2014_6_14

88. Кривіч Н.Я., Білявський Ю.А., Мандрик Я.П. Вміст важких металів у ґрунті під озимою пшеницею та її продуктивність залежно від системи удобрення та способів основного обробітку. *Вісник державного агроекологічного університету.* 2004. №1. С. 61-69.

89. Кудрявицька А.М. Агрохімічне обґрунтування використання добрив під озиму та яру пшеницю в сівозміні на лучно-чорноземному ґрунті північної частини

Лісостепу України: автореф. дис.на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04 – Агрохімія. К., 2005. 18 с.

90. Кудрявицька А.М., Карабач К.С. Вплив добрив на вміст елементів мінерального живлення в рослинах пшениці озимої та ярої. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. №4. С. 68-74.

91. Кулик М.І., Онопрієнко О.В., Сиплива Н.О., Божок Ю.О. Урожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 55–62. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8>

92. Кучер Г.А., Кочик Г.М. Раціональне використання добрив на дерново-підзолистих ґрунтах в умовах Полісся. *Тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур»*. м. Київ, 29 березня 2018. С. 26-33.

93. Ларченко К. А., Моргун В. В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. Т. 42. № 6. С. 463–474.

94. Лебідь Є.М., Черенков А. В., Солодушко М. М. та ін. Особливості вирощування озимої пшениці у Степу України. *Наук.-техн. бюл. МПП*. 2008. Вип. 8. С. 335–344.

95. Лимар А. О. Продуктивність післяжнивних кормових сумішок залежно від способів обробітку ґрунту і добрив. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1987. № 8. С. 49–51.

96. Литвиненко М.А. Реалізація потенційної продуктивності нових сортів озимої м'якої пшениці в степовій зоні України. *Вісник аграрної науки*. 1992. №1. С. 18–25.

97. Лихочвор В.В., Демчишин А. Озима пшениця: урожайність та якість зерна різних сортів. *Пропозиція*. 2003. №3. С. 31–33.

98. Лихочвор В.В. Костючко С., Лихочвор А. Значення сорту у підвищенні врожайності та якості зерна озимої пшениці залежно від технології вирощування. *Вісник ЛНАУ : агрономія*. 2012. № 6. С. 200– 209.

99. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
100. Лихочвор В. В., Пертриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур : підручник. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
101. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Озима пшениця. Львів: НВФ «Українські технології», 2002. 88 с.
102. Лихочвор В.В. Ресурсоощадна технологія вирощування озимої пшениці для умов західної України. Монографія. Львів: ЛДАУ. 1997. 204 с.
103. Лихочвор В.В. Рослинництво. Київ. 2004. С. 59-76.
104. Лихочвор В. В. Структура врожаю озимої пшениці: [монографія]. Львів: Українські технології, 1999. 200 с.
105. Лихочвор В. В. Шляхи підвищення якості зерна озимої пшениці в умовах Лісостепу західної України. *Вісн. Львівського держ. аграр. ун-ту.* (Агрономія). Львів, 2001. № 5. С. 170–177.
106. Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Система застосування добрив. К.: Вища школа. 2002. 317 с.
107. Лісовал А.П., Марчук І.У., Ященко Л.А., Яригіна Н.Я, Макаренко В.М. Вплив добрив на формування балансу азоту і калію в зерново-буряковій сівоzmіні на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті Лісостепу України. *Вісник ХНАУ.* 2002. № 1. С. 23 -27.
108. Лісовий М.В., Комариста А.В. Вплив показників родючості ґрунту на якість зерна пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 11. С. 10-12.
109. Лісовий М. П. Шляхи підвищення реалізації біологічного потенціалу врожайності сільськогосподарських культур. *Вісник аграрної науки.* Київ, 2003. № 9. С. 20–22.
110. Літвінова О.А. Вплив тривалого використання добрив на родючість сірого лісового ґрунту і продуктивність зерно-просапної сівоzmіні: автореферат на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04 – Агрохімія. Київ, 2007. 20 с.

111. Літвінова О.А. Вплив тривалого застосування добрив на калійний режим сірого лісового ґрунту. *Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН*. К., 2003. Вип. 4. С. 26–30.
112. Літвінов Д.В., Борис Н.Є. Зміна органічної речовини та біогенних елементів під культурами у сівозмінах. *Землеробство*. 2018. Вип. 2. С.14–19.
113. Літвінов Д.В. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 11 (753). С.13–18.
114. Лопушняк В., Засєкін Н. Оцінка мікробіологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за використання ферментованих добрив. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 170-174.
115. Любич В.В. Ознаки якості хліба різного борошна сортів і ліній пшениць. *Збірник Уманського НУС*. Умань. 2018. Вип. 92. С. 64–76.
116. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця. 2017. 588 с.
117. Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М. Збереження родючості ґрунту за раціонального використання системи удобрення і норми висіву озимої пшениці. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17. С. 5-14.
118. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: Монографія. К.: Аграрна наука, 2008. 308 с.
119. Мазур Г.А. Гумус і родючість ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Київ–Харків, 2002. С. 3–9.
120. Мазур Г.А. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення. *Збірник наукових праць ННЦ. Інститут землеробства НААН*. К., 2009. Вип. 1-2. С. 3–8.
121. Мазур Г.А., Медвідь Г.К., Сімачинський В.М. Підвищення родючості кислих ґрунтів. К.: Урожай, 1984. 176 с.
122. Мазур Г.А. Потенційна та ефективна родючість ґрунту . *Агрохімія та ґрунтознавство. Ґрунти - екологія - продовольство*. Частина II. Харків, 1988. С. 94-96.

123. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Бойко Я.І. Вплив комплексної хімічної меліорації на вбирний комплекс сірого лісового ґрунту. *Загальне землеробство*. 2007. С. 3–9.

124. Мазур Г.А., Ткаченко М.А. Вапнування як основа підвищення родючості сірих лісових ґрунтів. *Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН*. Спецвипуск. К. 2005. С. 144-150.

125. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Лещенко Ю.В. Вапнування як основа підвищення родючості сірих лісових ґрунтів. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. Спец. вип. С. 144–155.

126. Мазур Г. А., Ткаченко М. А., Шкляр В. М. Вплив вапнування за різних систем удобрення в сівозміні на баланс гумусу в сірому лісовому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 5–11.

127. 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*. 2014. Вип. 195(1). С. 78-84.

128. Макаренко В.М. Вплив умов мінерального живлення на продуктивність пшениці озимої в інтенсивній сівозміні Лісостепу України К.: Вид-во НАУ, 1997. С. 44-51.

129. Макаров Р.Ф., Архіпова В.В. Вплив добрив на врожайність та якість м'якої пшениці. *Зернові культури*. 1999. №2. С. 25-26.

130. 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.

131. Малієнко А.М., Лукашук Л.Я. Вирощування високоякісного зерна озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2005. №4. С. 39-40.

132. Малієнко А.М. Татаріко Н.М., Витриховський П.І. Ефективність добрив залежно від їхнього розміщення в орному шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2004. №8. С. 14-16.

133. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. К. : ЦП «Компринт». 2015. 328 с.

134. Марчук І. У. Сучасні добрива – на варті врожаю. *Пропозиція*. 2009. № 4. С. 42–45.

135. Мельник А.І. Ефективність вапнування кислих ґрунтів в Чернігівській області [Електронний ресурс]. Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. Рівне, 2012. С. 23–25. URL: <http://www.twirpx.com/file/1169332/>.

136. Мельник А.І., Шабанова І.І. Динаміка застосування добрив і вмісту фосфору в ґрунтах Чернігівщини. Фосфор і калій в землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації. Чернігів-Харків: КП Друкарня. 2004. №13. С. 71-80.

137. Методичні вказівки / Ю.О. Тараріко, М.М. Городній, А.Г. Сердюк, В.П. Каленський, В.М. Макаренко, В.Е. Розстальний, Л.І. Мазуркевич, Н.Я. Яригіна . Київ: Національний аграрний університет, 2005. 40 с.

138. Міневич С. М. Вапнування ґрунтів. Київ: Урожай, 1964. 52 с.

139. Мінеральні добрива пролонгованої дії для оптимізації живлення сільськогосподарських культур: [рекомендації для сільськогосподарських підприємств України різних форм власності] / М.М. Городній, А.В. Бикін, І.В. Логінова та ін. К.: ТОВ «Центр ІТ», 2010. 72 с.

140. Морару С.А. Озимая пшеница. Кишинев: Картя Молдавянскэ, 1987. 400 с.

141. Моргун В.В., Швартау В.В., Киризий Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. № 5. С. 371–392.

142. Натальчук Т. А. Урожайність та якість зерна пшениці сортів різного екотипу залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування в умовах північної частини Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2014. 21 с.

143. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. Редкол.: М.В. Зубенко та ін. К: Логос. 2004. 776 с.

144. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України. Редкол.: М. В. Зубець (голова ред. колегії) та ін. Київ : Урожай, 2004. 560 с.

145. Нетіс І. Т. Пшениця озима на півдні України [монографія]. Херсон: Олдіплюс, 2011. 460 с.

146. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище / за ред. О. І. Фурдичка, В. П. Славова. Київ : Основа, 2008. 360 с.

147. Носко Б.С., Бука А. Я. Оптимізація азотного живлення рослин при інтенсивних технологіях. Київ: Урожай, 1992. 136 с.

148. Носко Б.С. Еколого-агрохімічна оцінка застосування добрив та меліорантів у землеробстві України. Проблеми використання землі в умовах реформування с.-г. пр-ва та проведення зем. реформи. Київ, 1995. С. 14-16.

149. Носко Б.С., Меркулова Н.О., Юнакова Т.А. Вплив агрохімічного фону чорнозему типового і мінеральних добрив на закономірності використання пшеницею озимою макро- і мікроелементів ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2001. С. 9–12.

150. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. К.: Урожай, 1990. 224 с.

151. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків, 2017. 476 с.

152. Носко Б.С., Христенко А.О., Шабанова І.І. Динаміка застосування добрив і вмісту фосфору в ґрунтах Чернігівщини. *Фосфор і калій в землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації*. Чернігів-Харків: КП Друкарня, 2004. № 13. С. 233-240.

153. Оверченко Б.П. Вплив мінеральних добрив на врожайність та якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 6. С. 29–30.
154. Оверченко Б. Особливості ранньовесняного підживлення озимої пшениці. Пропозиція. 2002. № 2. С. 31–32.
155. Оліфір Ю.М. Вплив удобрення та вапнування на фізико-хімічні властивості ясно-сірого лісового ґрунту. *Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства УААН*. 2010. Вип. 4. С.51-55. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2010_4_10
156. Орлюк А. П., Гончарова К. В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці. Херсон : Айлант, 2002. 276 с.
157. Орлюк Ф. П., Гончаренко О. Л. Науково-методичні засади вирощування високоякісного насіння пшениці м'якої озимої: Науковопрактичні рекомендації. Херсон: Айлант. 2011. 72 с.
158. Пабат І.А., Коваленко В.Ю. Озима пшениця і її удобрення на чорноземах в Степу. *Агрогляд*. 2003. №6 (21). С. 33–35.
159. Павліченко А.І., Дмитренко О.В., Кирильчук А.М. Вплив системи удобрення та хімічної меліорації на врожайність пшениці озимої. Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. *Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конференції*. (м. Київ. 20-22 жовтня 2021). С. 220-222.
160. Панас Р.М. Ґрунтознавство: Навч. посіб. Львів: Новий світ 2000, 2005. 372 с.
161. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Фотосинтетична діяльність посівів пшениці озимої залежно від сорту та живлення в умовах південного Степу України. Науковий журнал «*Scientific horizons*» (Житомирський НАЕУ). 2018. №2 (65). С. 3-10.
162. Пасічник Н. А., Марчук І. У. Застосування КАС для підживлення пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. : Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. Харків, 2013. № 1. С. 140-143.

163. Пасічник Н.А., Опришко О.О., Бикін А.В., Хаблак С.Г. Літвінова О.В. та ін. Живлення рослин. Технологічне забезпечення: навч. посіб. Київ: НУБіП, 2024. 365 с.

164. Петриченко В.Ф., Земляний О.І. Вологозабезпечення озимої пшениці: проблеми дефіциту і можливості технологій. *Агроном*. 2007. № 4. С. 102—104.

165. Петрунів І. І., Сеньків Г. Й., Костюк М. М. Вплив довготривалого застосування органічних, мінеральних добрив та вапнування на продуктивність сільськогосподарських культур. *Передгірське та гірське землеробство і тваринництво*. 2001. Вип. 43, ч.1. С. 161–165.

166. Поліщук І. С., Поліщук М. І. Вплив біотичних та абіотичних чинників на польову схожість та збереження рослин сортів пшениці озимої залежно від попередників та строків сівби в умовах Лісостепу Правобережного України. *Annali d'Italia*. 2020. № 6. Vol 2. Р. 18-26.

167. Поліщук М. І. Продуктивність рослин пшениці озимої залежно від фону живлення та застосування біологічних добрив в умовах Правобережного Лісостепу України. *International independent scientific journal*. 2020. № 15, Vol. 2. Р. 19-27.

168. Поліщук М.І. Формування продуктивності пшениці озимої залежно від застосування мінеральних добрив та бактеріальних препаратів в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 29-40.

169. Польовий В.М., Кулик С.М. Тривала динаміка кислотності і продуктивності дерново-підзолистого зв'язно-піщаного ґрунту залежно від доз внесеного вапна в умовах Західного Полісся України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. №3(67).

170. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.

171. Польовий В. М. Роль вапнування і удобрення у підвищенні ефективності землеробства Західного Полісся [Електронний ресурс] /Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. Рівне, 2012. С. 4–11. URL: http://isg.rv.ua/content/files/konference_2012_07_25.pdf.

172. Польовий В.М., Ювчик Н.О, Гнатів П. С., Іванюк В. Я., Лагуш Н. І. Вплив кліматичних факторів на ефективність вапнування дерновопідзолистого звязнопіщаного ґрунту в умовах Західного Полісся. *Вісник Уманського НУС*. 2021. №1. С. 14–20 DOI: 10.31395/2310-0478-2021-1-14-20.

173. Польовий В.М., Ювчик Н.О. Вплив мінеральних добрив та хімічних меліорантів на вміст елементів живлення в основній і побічній продукції рослин пшениці озимої. *«Інноваційні шляхи розвитку землеробства в сучасних умовах»*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 4 липня 2024. С. Шубків. С. 32-34.

174. Польовий В.М., Ювчик Н.О. Ефективність удобрення пшениці озимої на різних фонах хімічних меліорантів в умовах Західного Полісся. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць*. Рівне: НУВГП, 2024. Вип. 1(105). С. 144-155.

175. Польовий В.М., Ювчик Н.О. Оптимізація удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. *Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференцій: «Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні» та «Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості»*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 6-9.

176. Польовий В. М., Ященко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В., Ювчик Н. О. Еколого-економічні аспекти вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від удобрення і вапнування. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234459>.

177. Польовий, В., Ященко, Л., Ровна, Г., Колесник, Т. Вплив удобрення та вапнування на баланс і вміст форм калію в дерново-підзолистому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2022. Вип. 100(7). С. 22-28. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-04>.

178. Попереля Ф., Червоніс М., Литвиненко М., Соколов В., Вовкодав В. Стратегія вирощування і використання української пшениці в ринкових умовах. *Пропозиція*. 2003. №3. С. 31–33.

179. Преодоляк М. О. Гумусний стан і біологічна активність чорнозему типового Правобережного Лісостепу за різної інтенсивності його використання: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2011. 20 с.

180. Програма охорони родючості ґрунтів у Житомирській області на 2005-2010 роки. Житомир, 2001. 76 с.

181. Прокопчук І. В. Ефективність вапнування чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04. Харків, 2003. 20 с.

182. Прядко Ю.М. Особливості росту та розвитку рослин пшениці озимої в осінній період вегетації залежно від попередників і строків сівби. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014 №7. С. 143-147.

183. Пшениця спельта [Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз, В. В. Любич та ін.].-К: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.

184. Рибалка О. І., Соколов В. М., Червоніс М. В. Якість урожаю зерна озимої пшениці 2006 року. *Хранение и переработка зерна*. 2006. №8. С. 16–20.

185. Рибалка О. І. Сортіві особливості зерна як фактор стабільності якості. *Хранение и переработка зерна*. 2006. №5. С. 34–48.

186. Романенко О.Л., Дударева Г.Ф., Шевченко М.С. Гарантія високої продуктивності озимої пшениці. *Зберігання і переробка зерна*. 2004. № 3. С. 27–29.

187. Рязанова М. Є., Бацманова Л. М., Коваленко М. С. Вплив іонів міді та рН середовища на антиоксидантну активність у тканинах коренів проростків озимої пшениці. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. № 6. С. 497–504.

188. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ: ВД «ЕКМО», 2007. 44 с.

189. Сайко В.Ф. Основа нових систем землеробства – стабілізація землекористування. *Вісник аграрної науки*. 2006. №3-4. С. 19-22.

190. Сайко В.Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною. *Вісник аграрної науки*. 2003. №5. С. 5-8.

191. Серeda І. І. Вплив попередників і мінеральних добрив на вміст вологи в ґрунті та продуктивність озимої пшениці. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2010. № 39. С. 156-158.

192. Серeda І.І. Площа листової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин пшениці озимої залежно від умов вирощування. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. № 40. С. 144–147.

193. Сипко А. О., Стрілець О. П., Зацерковна Н. С., Костащук М. В. Оптимізація фізико-хімічних властивостей чорнозему типового вилугованого слабокислого при застосуванні дефекату, отриманого за новою технологією. *Цукрові буряки*. 2017. №1. С. 11–13.

194. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття. / За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.

195. Слюсар І.Т. Методологічні особливості розрахунків доз добрив у сівозміні на осушуваних органогенних ґрунтах. *Вісник аграрної науки*. 2019. 97(9). С. 72-79 DOI: <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201909-11>.

196. Соколовський О.Н. Курс сільськогосподарського ґрунтознавства . К. 1954. 427 с.

197. Стародубцев В.М., Колодяжний О.А., Петренко Л.Р., Титенко І.С., Єзловецька М.М.. Ґрунтовий покрив і використання земель в Україні,. К.: Нора-прінт, 2000. 97 с.

198. Ступень Р. М., Дудич Г. М., Дудич Л. В. Землеустрій: організація та впорядкування сільськогосподарських угідь: навч. посіб. Львів:Галицька видавнича спілка. 2020. 243 с.

199. Танчик С.П., Бабенко А.І. Продуктивність пшениці озимої залежно від попередників у Пра-вобережному Лісостепу. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. Київ :ПВ «Еде-львейс», 2015. Вип. 1. С. 19–22.

200. Танчик С. П. Ефективність систем землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 12. С. 5–11.
201. Танчик С.П. Технология виробництва продукції рослинництва. К.: Видавничий дім «Слово». 2008. 993 с.
202. Тараріко Ю.О. Оптимізація фізико-хімічних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів в умовах радіоактивного забруднення. *Агроекологічний журнал*. 2019. №1 <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163256>.
203. Ткаченко М.А., Борис Н.Є., Коваленко Є.С. Ефективність застосування крейди гранульованої на сірому лісовому ґрунті за вирощування пшениці озимої. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2020. № 1. С. 181–191. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-181-191.
204. Ткаченко М.А. Вплив повторного вапнування на вміст рухомого алюмінію у сірому лісовому ґрунті [Електронний ресурс]. Ткаченко М.А. Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних економічних умовах. Рівне. 2012. С. 19-22. URL: http://isg.rv.ua/content/files/conference_2012_07_25.pdf.
205. Ткаченко М.А., Драч Ю.О., Борис Н.Є. Спосіб оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах. Патент на корисну модель. № 133924 Україна МПК (2019.1) A01C 21/00. № (u) 2018 11702; заявка 28.11.2018; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-181-191.
206. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2019. 318 с.
207. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Ефективність вапнування на кислих ґрунтах Полісся та Лісостепу. Київ: ВП «Едельвейс», 2018. 174 с.
208. Ткаченко М.А., Кондратюк І. М., Кудря С. О., Замлинська В.М. Регулювання родючості сірого лісового ґрунту в тривалому стаціонарному досліді за різних систем удобрення та вапнування. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. №1 (7), С. 65-74. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.08>.
209. Ткаченко М.А., Павліченко А.І., І.М. Кондратюк І.М., Дмитренко О.В. Кислотні властивості сірих лісових ґрунтів залежно від систем удобрення.

210. Томашівський З.М., Пристайко В.М., Островська О.Й. Вплив удобрення і вапнування на продуктивність культур на осушених мінеральних землях. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 1991. Вип. 36. С. 3-6.

211. Томашівський З.М. Урожайність і якість сільськогосподарських культур залежно від рівнів удобрення та вапнування на осушених мінеральних землях. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 1992. Вип. 37. С. 14-17.

212. Трускавецький Р.С. Основи управління родючістю ґрунтів: монографія. Х.: ФОП, 2016. 388 с.

213. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Технології ефективного використання вапняних матеріалів на кислих і вторинно підкислених ґрунтах. Х., 2004. 35 с.

214. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство. К.: Урожай. 1994. 328 с.

215. Федорчук М. І., Березовський Ю. П., Онищенко С. О. Науковопрактичні основи формування високопродуктивних агровиробничих систем в умовах Півдня України: монографія /за ред. М. І. Федорчука. Херсон: Айлант, 2011. 158 с.

216. Філіп'єв І.Д., Димов О.М., Нікітченко В.П. Вплив основних елементів технології вирощування озимої пшениці на її урожайність і якість зерна. *Таврійський науковий вісник*. 2000. 316. С.21-25.

217. Хохлов О. М., Литвиненко Н.А. Співвідношення вмісту білка та сирогої клейковини в зерні сортів м'якої пшениці різної хлібопекарської якості. *Вісн. аграр. науки*. 1999. Вип. 1. С. 22–27.

218. Цапко Ю. Л. Підвищення екологічної стабільності кислих ґрунтів шляхом використання технології локального окультурювання. *Ґрунтознавство*. Київ-Дніпропетровськ, 2010. Т. 11, № 3-4. С. 96-104.

219. Цапко Ю.Л. Хімічна меліорація кислих ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 2. С. 50 – 53.

220. Цапко Ю. Л. Що робити з кислими ґрунтами. *Агроексперт*. 2011. № 1. С. 25–27.

221. Цвей Я.П., Петрова О.Т., Воронюк Н.М. Продуктивність пшениці озимої залежно від системи удобрення в Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. К., 2009. Вип. 4. С. 96–100.

222. Чабан В.Г. Вплив добрив та пестицидів на продуктивність рослинництва. *Економіка АПК*. 1999. № 11. С. 29–31.

223. Черемха Б. Спостереження і технологічний догляд за посівами озимої пшениці. *Пропозиція*. 2004. № 1. С.48–50.

224. Чернявский Є. Г. Вплив попередників і добрив на вологозабезпеченість, розвиток кореневої системи та продуктивність озимої пшениці: *Автореф. дис. канд.с.-г. наук*. Полтава: 1972. 27 с.

225. Чорний Д.Л. Вплив добрив на агрохімічні показники родючості ґрунту і врожай залежно від вапнування. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1981. Вип. 42. С. 27–30.

226. Швартау В. В., Михальська Л. М. Фізіологічні основи живлення високопродуктивних посівів зернових злаків. *Фізіологія рослин і генетика*. 2016. Т. 48. № 4. С. 298–309.

227. Шевченко О. І., Турченко Л. О. Стабільність якості зерна: фактор погодних особливостей чи невідповідність технологій. *Наук.-техн. бюл. Миронівського інституту пшениці*. 2008. Вип. 8. С. 371–387.

228. Шевчук М.Й., Веремеєнко С.І. Агрохімія: [навч. посібник]. Рівне: НУВГП, 2008. Ч.І. С. 48-114.

229. Шевчук М.Й., Гаврилюк В.А. Фосфатний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту за використання низькофосфорних агроруд. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2003. Вип. 64. С. 29-32.

230. Шевчук М.Й., Голуб С.М., Гук Б.В. Вплив різних норм вапна за мінерального удобрення на винос елементів живлення пшеницею озимою на дерново-підзолистому ґрунті. *Таврійський науковий вісник*. № 137. 2024. С. 358-364. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.42>

231. Шевчук М.Й., Голуб С.М., Ровна Г.Ф. Реакція урожайності та якості пшениці озимої на меліорацію дерново-підзолистого ґрунту різними нормами

вапна. *Меліорація і водне господарство*. 2024. № 1. С. 98-102.
DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202401-380>

232. Шевчук М.Й. Лукащук Л.Я., Злотенко О.Ю. Вплив співвідношення між азотом та калієм у системах удобрення пшениці озимої на її продуктивність та якість зерна. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 25. С. 108-112.
DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.16>

233. Ювчик Н.О. Водоспоживання пшениці озимої за різних видів удобрення та хімічної меліорації в умовах Західного Полісся. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: *«Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні» та «Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості»*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 21-23.

234. Ювчик Н.О., Литвиненко В.Р. Урожайність пшениці озимої за різних способів визначення норм добрив на фоні хімічних меліорантів. І Міжкафедральна науково-практична конференція *«Поєднання професійних підходів агронома та агроінженера у вирішенні сучасних проблем агровиробництва»*. м. Рівне, 16–17 травня 2024 р., м. Рівне:НУВГП, 2024. С.37-41.

235. Ювчик Н.О. Потенційна кислотність дерново-підзолистого ґрунту за вирощування пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: *«Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні» та «Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості»*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 32-35.

236. Ювчик Н.О. Урожайність пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування* : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з Дня народження професора С.Т. Вознюка (Україна, м. Рівне, 29-30 вересня 2022 р.). Рівне : НУВГП, 2023. С.105-107.

237. Ювчик Н.О. Формування морфобіометричних елементів пшениці озимої залежно від удобрення та застосування меліорантів. *Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування* : матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Україна, м. Рівне, 4-5 листопада 2021 р.). [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2021. С. 161-164.

238. Ювчик Н.О. Формування фотосинтетичної продуктивності пшениці озимої за різних систем удобрення на дерново-підзолистому ґрунті. Матеріали Міжнародної наукової конференції "*Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство*", присвяченої 120-річчю від дня народження Григорія Андрущенка. 24-26 квітня 2023. Дубляни-Львів. С. 201-203.

239. Ювчик Н.О. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від різних доз мінерального удобрення та хімічних меліорантів. *«Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки»* : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП, 2024. С. 404-407.

240. Ювчик Н.О. Фотосинтетична діяльність пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. *Зернові культури*. 2023. Том 7. №1. С. 184-189.

241. Юрко К.П. Роль азотного живлення рослин і основні шляхи його оптимізації. Оптимізація азотного живлення рослин при інтенсивних технологіях. К.: Урожай, 1992. С. 5-13.

242. Якименко В.М., Барнштейн Л.А., Шкаредний І.С. Вплив умов вирощування сільськогосподарських культур на їх урожайність та використання елементів живлення. *Збірник наукових праць ІЦБ УААН*. 2000. Вип. 2. Кн. 2. С. 58–65.

243. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення. Під ред. Д. Мельничука, Дж. Гофмана, М. Городнього. Київ: Арістей, 2004. 488 с.

244. Ярчук І. І. Ефективність вирощування озимої твердої пшениці залежно від доз та співвідношень мінеральних добрив. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ, 2005. № 23-24. С. 98-100.

245. Яцук І.П. Сучасний стан ґрунтів України: проблеми та їх вирішення. *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск*. Харків, 2014. Кн.1. С. 184-191.

246. Ященко Л. А. Роль побічної продукції у формуванні балансу калію дерново-підзолистого ґрунту за його удобрення і меліорації доломітовим борошном. *Аграрна наука Західного Полісся: зб. наук. праць*. Рівне, 2023. С. 23–25. URL: http://www.isg.rv.ua/images/files/konferen/2023/materialy_konferencii_23_st.pdf#page=23.

247. Ященко Л.А., Ювчик Н.О. Агрофізичні показники дерново-підзолистого ґрунту за вирощування пшениці озимої у Західному Поліссі. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 2. С.170-177. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.23>

248. Ященко Л.А., Ювчик Н.О. Винос та баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 180-186

249. Ященко Л.А., Ювчик Н.О. Поживний режим провапнованого дерново-підзолистого ґрунту за різних доз мінерального удобрення пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2024. № 22. С. 118-124.

250. Ященко Л.А., Ювчик Н.О. Формування врожаю та якості зерна пшениці озимої за мінерального живлення та вапнування на дерново-підзолистому ґрунті. *Таврійський науковий вісник*. 2025. №142. С. 184-190.

251. Abdelkhalik S. M., Salem A. K. M. , Bdelaziz A. R., Ammar M. H. Morphological and sequence-related amplified polymorphism-based molecular diversity of local and exotic wheat genotypes. *Genetics and Molecular Research*. 2016. Vol. 15 (2). P. 1-9.

252. Alzahrana Y., Kuşvuranb A., Alharbya H. F., Kuşvuranb S., Radyc M. M. The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced bydrought, salinity or cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*; 2018; 154: 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.057>.

253. Andersson A. Johansson E., Oscarson P. Nitrogen redistribution from the roots in post-anthesis plants of spring wheat. *Plant and Soil*. 2005. Volume 269 № 1. P. 321-332.

254. Anwar Sh. Effect of sowing dates and seed rates on the agro-physiological traits of wheat. *J. Environ. & Earth Sci.* 2015. Vol. 5 (1). P. 135–140.155.

255. Arbačiauskas, J.; Vaišvila, Z.J.; Staugaitis, G.; Žičkienė, L.; Masevičienė, A.; Šumskis, D. The Influence of Mineral NPK Fertiliser Rates on Potassium Dynamics in Soil: Data from a Long-Term Agricultural Plant Fertilisation Experiment. *Plants* 2023, 12, 3700. <https://doi.org/10.3390/plants12213700>.

256. 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.

257. 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), 547-562 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000015>

258. Baliuk S. et al. Analysis of Information Support for the Condition of Soil Resources in Ukraine / *Agricultural Science and Practice*. 2015, Vol. 2. No. 2. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp2.02.077>.

259. Baquy, M. A.-A., Li, J.-Y., Xu, C.-Y., Mehmood, K., and Xu, R.-K.: Determination of critical pH and Al concentration of acidic Ultisols for wheat and canola crops. *Solid Earth*. 2017. Vol. 8. P. 149–159. <https://doi.org/10.5194/se-8-149-2017>.

260. Barbottin A. Lecomte C., Bouchard C. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotypic and enviromental effects. *Crop Science*. 2005. №3. P. 1141-1150.

261. 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). P. 220–238. doi: 10.3390/agronomy5020220.

262. Brennan, R.F., Bolland, M.D. A. Comparing the Nitrogen and Potassium Requirements of Canola and Wheat for Yield and Grain Quality. *Journal of Plant*

Nutrition, 2009. Vol. 32. Number 12. Pp. 2008-2026 (19) DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160903308127>

263. Bright J. Designing irrigation systems to use water efficiently. New Zealand Institute of Primary Industry Management Conference. 2002. P. 185-188.

264. Buráňová Š., Černý J., Kulháněk M., Vašák F., Balík J. Influence of mineral and organic fertilizers on yield and nitrogen efficiency of winter wheat. *International Journal of Plant Production*. 2015. no. 9. P. 257–271.

265. Cakmak I., Kirkby E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. In book: *Physiologia Plantarum*, 2008. P. 692–704. doi: 10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x

266. Caldiz D.O., Sarandon S.J. Yield components and grain yield in two Argentinian wheat (*Triticum aestivum* L.). Cultivars differing in plant height under different nitrogen supply. *Agriscientia*. 1995. Volume 12. P. 3-9.

267. Christensen B.T., Sorensen. The distribution of native and labeled size fraction isolated from long-term incubation experiments. *J. Soil. Sci.* 2015. V.36. P. 219-229.

268. Cooke G.W. Phosphorus and potassium problems in plant production, and how to solve them. 9th World Fertilizer Congress Proceedings. June, 1984. — Budapest. Hungary. V. 1. P. 197–220.

269. Eremin D. V. Agro-economic assessment of mineral fertilizers used in the Tyumen region. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2018. no. 4(72). P. 26–30.

270. Fan Fenliang. Mineral fertilizer alters cellulolytic community structure and suppresses soil cellobiohydrolase activity in long term fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*. 2012. Vol. 55. P. 70–77.

271. Gaj R., Górski D., Przybył J. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *J. Elem.* 2013, 18 (1). 55– 67. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.1.04.

272. Geisseler D. et al. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms – A review / *Soil Biology & Biochemistry*. 2010. Vol. 42 (12). P. 2058–2067. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.08.021.

273. Golakja B.A., Patel M.S., Savalia S.G. Wheat response to P under different soil treatments. Effect of M.F.P. and M. ALP. *Gujarat. Agr. Univ. Res. J.* 1996. №2. P. 24-31.

274. Gong H. J., Chen K. M., Chen G. C., Wang S. M., Zhang C. L. Effects of silicon on growth of wheat under drought. *J. Plant Nutr.* 2003; 26 (5): 1055–1063.

275. Goulding K.W.T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use Manag.* 2016. Vol. 32(3). P. 390–399.

276. Haddad S. A., Tabatabai M. A. Loynachan T. E. Effects of liming and selected heavy metals on ammonium release in waterlogged agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils* 2017. Vol. 53. Issue 2. P. 153–158.

277. 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.

278. Hänsch R., Mendel R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*. 2009. № 12. P. 259-266.

279. Han, T., Li, D., Liu, K., Huang, J., Zhang, L., Liu, S., Shah.A., . Liu L., Feng G., Zhang, H. (2023). Soil potassium regulation by initial K level and acidification degree when subjected to liming: A meta-analysis and long-term field experiment. *Catena*. 2023. Vol. 232, 107408. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107408>.

280. Iljkić, D., Kovačević, V., Rastija, M., Antunović, M., Horvat, D., Josipović, M. i Varga, I. Long term effect of Fertdolomite on soil, maize and wheat status on acid soil of eastern Croatia. *Journal of Central European Agriculture*. 2019. Vol. 20 (1). P. 461–474. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.1.2140>.

281. Jaskulska I., Jaskulski D., Kobierski M. Effect of liming on the change of some agrochemical soil properties in a long-term fertilization experiment. *Plant Soil Environ.* 2014. V. 60 (4). P. 146–150.
282. Kádár I., Marton L., Németh T. et al. Effect of liming and mineral fertilization on the soil and crops in a 44-year long-term experiment in Nyírlugos. *Agrokémia és Talajtan.* 2007. V. 56. P. 255–270.
283. Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Maize Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilisers. *Plant and Soil Science*, 13(1). 2022. P. 7-16. URL: <https://agriculturalscience.com.ua/en>.
284. Krauss A. Potassium, an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production. *Biul. Inst. hod. and aklim. rosl.* 2002. № 222. P. 5-11.
285. Kubar, G. M., Talpur, K. H., Kandhro, M. N., Khashkhali, S., Nizamani, M. M., Kubar, M. S., ... & Kubar, A. A. (2019). 27. Effect of potassium (K⁺) on growth, yield components and macronutrient accumulation in Wheat crop. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8(1), 248-255. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2018.700183>.
286. Lavrynenko Yu. O., Vozhegova R. A., Hozh O. A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural Science and Practice.* 2016. Vol. 3. No. 1. P. 55–60.
287. Li C. X., Ma S. T., Shao Y. ,Zhang L. L. 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.
288. Li Y., Cui S., Chang S.X., Zhang Q. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *Journal of Soils and Sediments.* 2019. Vol. 19(3). P. 1393–1406.
289. Ljkić, D., Rastija, M., Drezner, G., Karalić, K., & Sudar, R. Impacts of liming with dolomite on the wheat yield. Proceedings of International Conference „Soil, Plant and Food Interactions”, 6 –8 Sept. 2011, Faculty of Agronomy, Mendel University in

Brno, Czech Republic, p. 141-146. DOI:
<http://bib.irb.hr/datoteka/549107.iljkicCDbrno.pdf>

290. Long R. P. et al. Long-Term Effects of Forest Liming on Soil, Soil Leachate, and Foliage Chemistry in Northern Pennsylvania. *Soil Science Society of America Journal Abstract – Forest, Range & Wildland Soils*. 2015. Vol. 79. № 4. P. 1223–1236.

291. 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*, 1(3), 247–253. DOI:[10.32819/2617-6106.2018.13003](https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.13003)

292. Maathuis F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009. Vol. 12, Issue 3. P. 250–258. doi: 10.1016/j.pbi.2009.04.003.

293. Mackown C. T., D. A. Van Sanford, Y. Z. Ma. Main stem sink manipulation in wheat. Effects on nitrogen allocation to tillers. *Plant Physiology*. 1989. № 89. 2. P. 597–601.

294. Mahmud A. A Growth, Yield and Its Attributes of Durum Wheat as Affected by Sowing Dates and Seeding Rates under Libyan Conditions. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2021. Vol. 42, No. 2. P. 540–545.

295. Mercik S., Goralski J., Gutynska B. Badania nad wspoldzia laniem potasuzmagnezem i wapniem na roznych glebach i pod zozmyni roslinami. Cz. I. Zmiany w niectorych cechach zyznosci gleb po kilkuletnim nawozeniu // «Rocz. Glebozn». 1984. Vol. 35. № 1. P. 49-61.

296. Motesarezadeh, B., Bell, R., & Ma, Q. Lime application reduces potassium and nitrate leaching on sandy soils. *Journal of Cultivated Plants/Journal für Kulturpflanzen*. 2021. Vol. 73(3-4), P. 83-93 doi.org/10.5073/JfK.2021.03-04.03

297. Nang Seng Aye, Peter W. G. Sale, Caixian Tang. The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. P. 697–709.

298. Oksana Puzniak, Natalia Hrychyshyn, Tetiana Datsko, Sylwia Andrusczak, Bohdan Hulko. Consequences of the Long-Term Fertilization System Use on Physical

and Microbsological Soil Status in the Western Polissia of Ukraine. *Agriculture* 2022, 12(11), 1955; <https://doi.org/10.3390/agriculture12111955>

299. Paradelo R., Virto I., Chenu C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. Vol. 202. P. 98–107.

300. Panfilova A., Korkhova M., Gamayunova V., Drobitko A., Nikonchuk N., N. Markova Formation of photosynthetic and grain yield of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on varietal characteristics and optimization of nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. 10(2). P. 78 – 85. doi: 10.33887/rjpbcs.

301. Photosynthesis: Structures, Mechanisms, and Applications / edited by H. J. M. Hou, M. M. Najafpour, G. F. Moore, S. I. Allakhverdiev. Springer International Publishing AG. 2017. 424 p.

302. Polovyy, V., Yashchenko, L., Lopushniak, V., Kolesnyk, T. The Influence of Chemical Amelioration on the Structure of the Phosphate Fund of Retisol of Western Polissia in Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. № 24(5), P. 100-110. <https://doi.org/10.12912/27197050/163669>.

303. Polovyi V. M., Yashchenko L. A. Optimization of growing conditions for winter wheat on sod-podzolis 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.

304. Popovi V., Maleevi M. Effect of different doses of nitrogen fertilizers and planting density on yield of wheat and triticales. *Plant breeding and seed production*. 2011. Vol. 17, no. 1. P. 61–70.

305. Puzniak O., Dovbysh L., Mozharivska I., Kubinsky O., Harastinska I. The influence of mineral nutrition elements of the yield and quality indicators of winter triticales grain of the variety under the conditions of Western Polissia. *Znanstvena misel journal* 2022. №73. C. 17-20. Slovenia ISSN 3124-1123. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7483271>

306. Rahman M.A. et al. Importance of mineral nutrition for mitigating aluminum toxicity in plants on acidic: current status and opportunities. *Int J Mol Sci.* 2018. Vol. 19(10). P. 30–43.

307. Ray K. et al. Macronutrient Management Effects on Nutrient Accumulation, Partitioning, Remobilization, and Yield of Hybrid Maize Cultivars. *Front. Plant Sci.* 2020. Vol. 11:1307. DOI: 10.3389/fpls.2020.01307.

308. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Ed. C. Ray Campbell. *Southern Cooperative Series Bulletin*, 2000. №394. URL: www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf.

309. Römheld, V., Kirkby, E.A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil.* 2010. V. 335. P. 155–180. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0520-1>

310. Roy R.N., Misra R.V., Lesschen J.P., Smaling E.M.. Assessment of soil nutrient balance: approaches and methodologies. Rome, Italy: FAO. 2003. 101 p. URL <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/y5066e>.

311. Rukshana F. et al. J Organic anion-to-acid ratio influences pH change of soils differing in initial pH. *Soils Sediments.* 2014. no. 14. P. 407–414.

312. Sarandon S.J., Gianib M.C. Effect of foliar urea spraying and nitrogen application at sowing upon dry matter and nitrogen distribution in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomical elli // Agronomie.* 1990. № 10. P. 183-189.

313. Sharma L. K, Bali SK. A Review of Methods to Improve Nitrogen Use Efficiency in Agriculture. *Sustainability.* 2018; 10(1):51. <https://doi.org/10.3390/su10010051>

314. 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.

315. Shehab-Eldeen M. T., Khedr R. A., Genedy M. S. Studies on Morphophysiological Traits and their Relationships to Grain Yield and its Components of Six Bread Wheat Genotypes under Four Nitrogen Fertilization Levels. *J. of Plant Production.* 2021. Vol. 12(1). P. 11–17.

316. Stehouwer, R.C., and J.W. Johnson. 1991. Soil Adsorption Interactions of Band-Injected Anhydrous Ammonia and Potassium Chloride Fertilizers. *Soil Science Society American Journal*. 1991. № 55. P. 1374-1381. <https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500050029x>.

317. Shejalova S., Cerny J., Mitura K. et. al. The influence of nitrogen fertilization on duality of winter wheat grain. *MendelNet*. Crech Republic. 2014. V. 1. P. 105–109.

318. Spiertz J.H., De Vos N.M. and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. *Plant and soil*. 1983. №3. P.379 – 391.

319. Taureau J. C. Le deuxieme apport d'azote. *Perspect. Agr.* 1987. № 111. P. 19. (114).

320. Than A., Egashira K. Evaluation of phosphorus status of some upland soils in Myanmar. /*Fac. Agr. Kyushu Univ.* 2008. №. 1. P. 193–200.

321. Usman K, Tamado T, & Wogeyehu W. Effects of blended (NPSB) fertilizer rates on yield components, yield and grain quality of bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) varieties at Kulumsa, South-Eastern Ethiopia. *International Journal of Research Studies in Biosciences* 8(9):14–27 DOI: <https://doi.org/10.20431/2349-0365.0809003>

322. Verde, Benvindo S., Danga et al. Effects of manure, lime and mineral P fertilizer on soybean yields and soil fertility in a humic nitisol in the Central Highlands of Kenya. *International J. of Agricultural Science Research*. 2013. V. 2(9). P. 283–291.

323. Volodymyr Polovyi, Liudmyla Yashchenko, Nadia Yuvchyk. Winter wheat quality and economic viability of different mineral fertilizer rates on limed retisol. I International Scientific and Practical Conference «*ONE WORLD – ONE HEALTH*», 4-5 June 2024, Słupsk, Poland. P. 161-166.

324. Wendlang M. Offenberger K., Euba M. N-Dungungssysteme zu Winterweizen (Sensortechnik). *Freising: Institut fur Agraokologie Dungung*, 2010. 26 p.

325. White P. J., Broadley M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*. 2009. Vol. 182 (1). P. 49–84. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.

326. Willson G. Agriculture, Fertilizer and the Environment. 261 p. Available at www.yara.com.

327. Witter B., Kolbe B. Analyse des erreichten standes in der kalkung. Falduirtschaft. 1973. №10. P. 468-471.

328. 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>.

329. 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

Додаток А 2.1
Погодні умови 2020 - 2021 рр.
(за даними Рівненської метеостанції)

Показник	Декада	Місяці											
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Температура повітря, °C	I	16,3	15,0	7,1	-1,6	1,2	-6,3	-0,6	4,5	10,8	16,6	21,7	19,5
	II	15,1	9,7	5,3	0,3	-8,8	-8,3	0,5	7,7	14,1	19,1	25,0	18,9
	III	15,6	10,4	0,7	1,7	-4,6	1,1	3,5	7,3	14,7	22,9	21,6	15,0
	Середнє	15,7	11,7	4,4	0,2	-2,8	-4,5	1,1	6,4	13,2	19,5	22,8	17,8
	Норма	13,7	8,2	2,7	-1,8	-3,3	-2,3	1,9	9,0	14,4	17,8	19,5	18,9
	Відхилення від норми ±	2,0	3,5	1,7	1,6	-0,5	2,2	-0,8	-2,6	-1,2	1,7	3,3	-1,1
Опади, мм	I	1,6	24,6	2,4	3,8	18,8	38,8	4,3	8,7	13,7	9,5	10,2	29,8
	II	0	43,1	4,1	3,9	11,4	23,5	31,0	14,8	33,6	13,8	17,0	7,3
	III	44,6	0,8	2,1	25,4	13,7	1,1	6,6	1,4	18,9	15,2	14,5	77,1
	За місяць	46,2	68,5	8,6	33,1	43,9	63,4	41,9	24,9	66,2	38,5	41,7	114,2
	Норма	58,0	45,0	36,0	37,0	32,0	31,0	35,0	38,0	66,0	75,0	94,0	58,0
	Відхилення від норми ±	-11,8	23,5	-27,4	3,9	11,9	32,4	6,9	-13,1	0,2	-36,5	-52,3	56,2

Додаток А 2.2
Погодні умови 2021 – 2022 рр.
(за даними Рівненської метеостанції)

Показник	Декада	Місяці											
		ІХ	Х	ХІ	ХІІ	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII
Температура повітря, °С	I	13,3	8,6	5,8	-1,7	1,3	-9,6	-1,8	5,2	12,8	19,2	20,5	19,9
	II	14,4	6,5	4,1	-2,9	-3,1	-3,3	-0,1	5,0	14,1	18,5	16,6	21,0
	III	9,5	8,0	3,0	-6,8	-2,8	0,5	6,1	9,4	14,6	21,3	20,6	20,9
	Середнє	12,4	7,7	4,3	-2,9	-1,5	-4,5	1,4	6,5	13,8	19,7	19,2	20,6
	Норма	13,7	8,2	2,7	-1,8	-3,3	-2,3	1,9	9,0	14,4	17,8	19,5	18,9
	Відхилення від норми ±	-1,3	-0,5	1,6	-1,1	-1,8	2,2	-0,5	-2,5	-0,6	1,9	-0,3	1,7
Опади, мм	I	2,3	0	5,9	23,2	13,2	8,8	0	36,1	20,9	45,8	4,4	10,9
	II	48,7	2,8	20,0	55,4	6,5	11,6	0	2,3	4,6	32,7	47,8	94,2
	III	27,9	0	14,4	11,9	21,9	2,1	8,0	28,7	21,6	20,0	27,7	21,0
	За місяць	78,9	2,8	40,3	90,5	41,6	22,5	8,0	67,1	47,1	98,5	79,9	105,4
	Норма	58,0	45,0	36,0	37,0	32,0	31,0	35,0	38,0	66,0	75,0	94,0	58,0
	Відхилення від норми ±	20,9	-42,2	4,3	53,5	9,6	-8,5	-27,0	-8,7	18,9	23,5	-14,1	47,4

Додаток А 2.3
Погодні умови 2022 - 2023рр.
(за даними Рівненської метеостанції)

Показник	Декада	Місяці											
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Температура повітря, °С	I	12,0	11,1	7,6	-2,1	2,7	-2,9	0,9	4,5	9,3	17,6	20,2	20,1
	II	11,5	9,4	2,4	-3,4	0,9	1,2	3,8	9,0	15,5	16,8	20,8	22,1
	III	10,5	9,6	-1,3	2,5	-0,5	0,7	6,8	9,5	17,0	19,3	19,1	22,3
	Середнє	11,4	10,0	2,9	-1,0	1,0	-0,3	3,8	7,7	13,9	17,9	20,0	21,5
	Норма	13,7	8,2	2,7	-1,8	-3,3	-2,3	1,9	9,0	14,4	17,8	19,5	18,9
	Відхилення від норми ±	-2,3	1,8	0,2	0,8	2,3	2,0	1,9	1,3	-1,7	0,1	0,5	2,6
Опади, мм	I	60,1	22,9	11,3	16,9	16,3	8,0	10,0	40,1	5,5	8,7	49,3	32,5
	II	53,3	0,1	3,5	38,5	10,1	11,1	19,2	18,1	2,9	34,8	48,1	1,1
	III	42,2	16,1	16,9	26,6	5,2	9,8	42,7	19,5	0,3	40,8	33,3	7,6
	За місяць	155,6	39,1	31,7	67,9	31,6	28,9	71,9	77,7	8,7	84,3	130,7	41,2
	Норма	58,0	45,0	36,0	82,0	32,0	31,0	35,0	38,0	66,0	75,0	94,0	58,0
	Відхилення від норми ±	97,6	-5,9	-6,3	-14,1	-0,4	2,1	36,9	39,7	-57,3	9,3	36,7	-16,8

Додаток Б 3.1

Величина потенційної кислотності у шарі 0-20 та 20-40 см дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення і вапнування за 2021-2023 рр.

Варіант	Шар ґрунту, см	pH _{KCl}			Гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту		
		роки					
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
Без добрив (контроль)	0-20	4,04	4,11	4,22	2,55	2,45	2,36
	20-40	4,04	3,98	4,12	2,65	2,72	2,45
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0-20	5,94	5,82	5,68	1,14	1,20	1,33
	20-40	5,80	5,71	5,76	1,22	1,30	1,26
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	5,78	5,65	5,57	1,34	1,46	1,51
	20-40	5,62	5,51	5,44	1,42	1,54	1,6
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	5,86	5,74	5,62	1,28	1,38	1,48
	20-40	5,68	5,62	5,79	1,35	1,44	1,32
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	0-20	5,72	5,66	5,55	1,36	1,46	1,50
	20-40	5,58	5,52	5,65	1,52	1,50	1,48
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	5,78	5,72	5,59	1,34	1,40	1,48
	20-40	5,60	5,62	5,70	1,48	1,48	1,36
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	6,42	6,26	6,09	0,80	0,96	1,05
	20-40	6,35	6,12	5,98	0,86	1,02	1,00
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	6,20	6,02	5,86	0,9	1,05	1,12
	20-40	6,11	5,94	5,96	1,02	1,14	1,14
НІР ₀₅	0-20	0,1	0,08	0,09	0,02	0,02	0,03
	20-40	0,08	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02

Додаток Б 3.2

Вміст обмінного кальцію і магнію в у шарі 0-20 та 20-40 см дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., мг-екв./100 г ґрунту

Варіант	Шар ґрунту, см	Вміст кальцію			Вміст магнію		
		роки					
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
Без добрив (контроль)	0-20	1,41	1,4	1,6	0,40	0,33	0,37
	20-40	0,82	1,1	1,2	0,36	0,31	0,35
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0-20	3,24	3,28	3,19	1,07	0,96	1,02
	20-40	2,83	2,76	2,69	0,81	0,75	0,77
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	3,01	2,75	2,84	1,00	0,93	0,92
	20-40	2,31	2,29	2,21	0,68	0,75	0,71
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	3,12	2,93	2,89	1,02	0,94	0,98
	20-40	2,43	2,38	2,49	0,71	0,79	0,74
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	0-20	3,01	3,0	2,5	1,01	0,91	0,93
	20-40	2,24	2,19	2,15	0,71	0,69	0,65
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	2,85	2,77	2,81	0,93	0,96	0,89
	20-40	2,11	1,93	1,87	0,74	0,56	0,68
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	3,63	3,59	3,72	1,13	1,25	1,17
	20-40	3,14	2,99	3,1	0,93	0,88	0,91
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	4,6	4,2	4,1	0,37	0,39	0,41
	20-40	3,6	3,46	3,72	0,25	0,29	0,30
НІР ₀₅	0-20	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
	20-40	0,07	0,05	0,04	0,06	0,03	0,03

Додаток Б 3.3

Вміст азоту лужногідролізованих сполук у шарі 0-20 та 20-40 см дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., мг/кг

Варіант	Шар ґрунту, см	Рік											
		2021				2022				2023			
		Фаза розвитку											
		кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість	кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість	кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0-20	41,2	39,3	35,3	28,7	42,5	40,5	38,1	35,3	44,6	42,0	37,2	33,5
	20-40	40,4	36,9	33,1	26,6	42,1	38,6	35,4	33,5	40,7	37,6	33,1	29,2
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0-20	46,7	42,8	38,4	32,1	48,3	45,2	40,2	37,2	49,4	46,3	42,2	38,8
	20-40	44,2	40,1	34,9	26,2	44,6	41,6	35,5	32,8	45,9	43,5	36,6	34,4
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	54,3	51,6	45,3	40,1	55,6	51,4	45,9	43,0	57,8	53,4	48,1	44,0
	20-40	47,9	44,5	39,8	36,9	50,7	46,3	41,7	37,3	51,5	47,5	42,4	38,6
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	56,8	52,4	47,5	42,9	57,2	53,5	47,6	45,4	58,1	55,3	49,8	46,0
	20-40	50,5	46,9	40,4	36,4	52,2	48,1	44,1	41,3	54,8	50,8	42,7	39,5
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	0-20	61,0	57,2	51,7	46,4	62,6	58,5	52,6	48,4	64,0	61,1	54,1	49,7
	20-40	54,3	48,4	43,6	37,5	55,4	50,3	45,3	42,4	56,1	51,8	46,4	43,5
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	55,4	52,2	47,8	41,9	55,9	52,1	47,1	43,1	57,2	53,2	46,7	41,5
	20-40	46,2	42,8	37,4	38,5	50,3	47,1	40,3	36,2	49,6	45,6	38,8	37,9
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	57,6	54,1	48,3	44,4	60,4	56,2	50,1	45,7	61,8	57,1	51,4	46,8
	20-40	49,1	45,2	40,7	38,8	52,3	47,6	43,6	40,8	53,1	49,6	45,4	41,9
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	54,7	50,4	44,9	40,2	56,2	52,6	47,2	44,6	55,1	51,7	45,4	41,6
	20-40	50,3	46,5	41,2	36,8	53,2	47,9	43,1	40,6	54,2	49,7	44,1	41,2
НІР ₀₅	0-20	2,92	3,5	2,22	1,93	2,67	3,85	2,34	2,04	2,2	2,66	2,39	2,72
	20-40	2,59	3,95	3,82	3,97	2,15	1,24	1,96	2,38	2,59	2,69	2,23	2,8

Додаток Б 3.4

Вміст рухомих сполук фосфору у шарі 0-20 та 20-40 см дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., мг/кг

Варіант	Шар грунту, см	Рік											
		2021				2022				2023			
		Фаза розвитку											
		кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість	кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість	кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0-20	198,5	196,3	192,5	191,1	206,3	204,7	200,6	196,7	210,6	208,7	204,8	201,5
	20-40	185,6	183,2	179,2	177,5	195,8	192,8	187,9	185,2	198,2	195,3	189,6	186,8
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0-20	239,7	238,7	234,7	231,9	244,6	242,5	237,8	235,1	248,0	245,6	241,8	238,0
	20-40	227,8	225,1	220,6	218,3	229,7	226,7	222,2	220,1	231,5	229,1	224,3	222,3
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	254,1	250,7	246,6	244,8	262,8	259,8	253,9	248,1	268,2	265,9	256,6	250,9
	20-40	236,4	233,4	229,6	227,5	245,7	244,2	239,1	234,8	255,2	252,7	245,6	240,1
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	245,4	243,2	237,8	234,5	251,4	249,4	245,2	240,9	257,4	254,6	249,3	244,2
	20-40	227,3	223,6	219,2	216,8	234,4	231,5	227,5	224,9	240,6	238,2	234,1	231,2
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	0-20	247,5	245,1	241,2	238,4	260,8	256,2	249,1	244,3	266,7	263,4	255,4	248,9
	20-40	234,2	231,5	227,6	225,2	244,9	243,5	240,2	237,2	253,5	251,8	246,5	240,7
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	240,3	237,9	232,4	230,6	245,9	243,9	240,4	218,8	253,6	251,9	247,6	243,3
	20-40	221,7	219,1	214,9	212,6	228,2	225,6	221,1	217,5	234,5	230,7	226,7	224,0
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	267,4	264,8	257,3	254,1	280,1	276,5	270,9	266,4	287,6	284,3	278,5	273,4
	20-40	254,6	250,9	246,2	242,5	262,7	258,4	252,9	249,8	275,5	272,7	265,3	261,9
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	253,4	250,4	245,8	241,6	258,9	257,2	251,4	245,8	270,4	266,7	258,9	255,6
	20-40	242,5	239,7	232,8	229,6	255,1	252,8	247,1	244,4	245,2	241,6	236,0	232,9
НІР ₀₅	0-20	6,61	2,89	3,13	2,99	2,28	2,79	3,28	1,41	2,31	3,05	6,42	3,01
	20-40	3,58	2,18	2,72	2,81	2,39	3,68	1,26	2,68	2,14	5,7	4,38	3,81

Додаток Б 3.5

Вміст рухомих сполук калію у шарі 0-20 та 20-40 см дерново-підзолистого ґрунту залежно від удобрення і вапнування за 2021-2023 рр, мг/кг

Варіант	Шар ґрунту, см	Рік											
		2021					2022				2023		
		Фаза розвитку											
		кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість	кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість	кущення	вихід у трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	0-20	56,8	54,5	49,8	45,3	59,2	56,3	51,2	47,8	62,8	59,3	53,5	50,3
	20-40	54,9	51,2	46,3	43,8	56,7	53,4	48,2	45,4	58,5	55,9	50,7	47,3
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0-20	60,8	57,9	53,5	49,4	64,1	60,2	55,6	52,6	66,8	62,8	57,1	54,0
	20-40	56,9	54,4	49,6	47,6	59,4	57,4	52,3	48,5	61,0	58,9	52,6	49,4
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	71,7	67,8	61,3	58,5	75,2	70,4	65,1	61,5	76,9	71,8	67,1	63,0
	20-40	70,3	66,5	60,9	58,0	72,0	69,5	63,8	60,7	72,8	70,1	65,5	62,8
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	65,9	61,3	55,8	54,1	71,5	67,4	61,6	57,1	73,8	69,6	63,8	60,1
	20-40	62,7	59,8	54,5	51,4	64,3	61,7	56,6	52,8	66,8	63,9	59,0	56,3
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	0-20	79,3	74,9	68,5	64,9	82,5	76,5	70,8	66,7	83,0	77,2	71,9	67,9
	20-40	74,1	71,3	64,9	61,3	75,4	69,5	66,1	63,5	75,8	73,4	68,2	64,8
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	0-20	63,5	60,3	54,6	53,1	69,4	64,1	58,8	55,7	70,5	66,4	61,5	56,5
	20-40	61,8	58,7	52,1	50,9	63,5	60,8	55,2	51,8	65,8	62,6	57,7	53,0
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	76,2	72,2	66,5	62,9	77,6	74,3	68,5	63,9	79,3	74,9	70,2	66,1
	20-40	72,3	67,6	62,1	58,4	73,8	68,6	63,2	59,3	75,0	70,2	64,3	61,4
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	0-20	69,8	66,5	62,5	57,3	73,9	69,2	63,8	60,5	75,3	73,7	66,0	62,8
	20-40	66,8	63,7	59,6	55,8	67,9	65,4	60,1	56,4	69,0	66,2	62,4	57,6
НІР ₀₅	0-20	2,38	4,05	1,98	3,09	2,84	4,01	2,87	2,85	5,85	4,01	3,8	3,15
	20-40	1,72	4,7	1,83	1,79	2,4	1,58	2,28	3,45	2,97	3,7	2,89	3,43

Додаток В 4.1

Площа листкової поверхні залежно від різних систем удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., тис. м²/га

Варіант	Рік								
	2021			2022			2023		
	Фаза розвитку								
	кущення	вихід в трубку	колосіння	кущення	вихід в трубку	колосіння	кущення	вихід в трубку	колосіння
Без добрив (контроль)	2,03	9,77	3,9	3,92	6,39	4,65	3,43	5,04	3,68
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	3,60	12,44	7,25	5,35	11,87	6,48	4,37	6,91	5,24
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	6,21	22,94	12,41	9,99	28,77	10,63	7,72	19,27	9,99
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	7,06	23,5	12,93	10,42	30,53	11,97	7,86	21,07	11,39
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	7,43	24,80	13,78	12,49	34,05	13,75	9,47	26,32	14,28
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	5,46	19,08	10,19	8,72	25,41	9,01	7,27	18,52	7,98
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	6,98	22,24	11,95	10,15	29,41	12,27	8,41	20,11	9,63
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	6,30	21,04	11,43	9,77	27,35	10,23	7,37	18,79	8,59
НІР ₀₅	0,3	1,4	0,7	0,6	1,7	0,8	0,5	1,5	0,7

Додаток В 4.2

Фотосинтетичний потенціал пшениці озимої залежно від різних систем удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., млн м² доб/га

Варіант	Рік					
	2021		2022		2023	
	Період росту і розвитку рослин					
	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння
Без добрив (контроль)	0,18	0,20	0,16	0,17	0,13	0,13
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	0,24	0,29	0,26	0,28	0,17	0,18
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ +мікродобриво (двічі)	0,44	0,53	0,58	0,59	0,41	0,44
Фон +N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ +мікродобриво (двічі)	0,46	0,55	0,61	0,64	0,43	0,49
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ +мікродобриво (двічі)	0,48	0,58	0,70	0,72	0,54	0,61
Фон + N ₁₃₀ + мікродобриво (двічі)	0,37	0,44	0,51	0,52	0,39	0,40
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + мікродобриво (двічі)	0,44	0,51	0,59	0,63	0,43	0,45
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + мікродобриво (двічі)	0,41	0,49	0,56	0,57	0,39	0,41
НІР ₀₅	0,05	0,07	0,06	0,08	0,05	0,06

Додаток В 4.3

Чиста продуктивність фотосинтезу пшениці озимої залежно від різних систем удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., г/м² за добу

Варіант	2021 рік		2022 рік		2023 рік		середнє за 2021-2023 рр.	
	Період росту і розвитку рослин							
	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння	кущення- вихід в трубку	вихід в трубку- колосіння
Без добрив (контроль)	4,39	4,75	5,16	4,53	4,6	5,23	4,72	4,84
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	4,75	5,07	5,50	5,41	5,47	6,77	5,24	5,75
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	5,18	5,53	5,84	5,97	5,92	7,20	5,65	6,23
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	5,24	5,62	5,90	6,08	6,02	7,37	5,72	6,36
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	5,31	5,71	6,08	6,18	6,15	7,56	5,85	6,48
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	5,13	5,48	5,82	5,9	5,85	7,07	5,60	6,15
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	5,23	5,65	5,97	6,03	6,09	7,44	5,76	6,37
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	5,15	5,43	5,8	5,87	5,89	7,12	5,61	6,14
НІР	0,18	0,41	0,55	0,47	0,44	0,6	0,22	0,39

Додаток В 4.4

Запаси продуктивної вологи залежно від різних систем удобрення і вапнування за 2021-2023 рр., мм

Варіант	Запаси продуктивної вологи в 1 м шарі, мм					
	відновлення вегетації			повна стиглість		
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Без добрив (контроль)	95,2	82,6	143,0	58,4	38,4	76,4
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	87,1	93,6	146,9	55,2	40,5	78,9
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	90,7	103,6	149,2	37,4	46,9	65,2
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	80,4	100,9	150,2	33,4	50,9	66,4
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	84,0	118,6	151,7	36,3	53,7	66,7
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	84,4	113,0	147,1	35,9	52,5	63,2
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	83,1	115,1	148,3	31,1	53,7	65,4
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	88,1	117,2	140,3	33,2	50,7	67,2

Додаток Г 5.1

**Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі пшениці озимої залежно від удобрення і хімічних меліорантів за 2021-2023 рр, %
на суху речовину**

Варіант	2021 рік						2022 рік						2023 рік					
	зерно			солома			зерно			солома			зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	2,36	0,66	0,48	0,43	0,20	0,80	2,38	0,67	0,51	0,45	0,22	0,81	2,41	0,68	0,52	0,47	0,22	0,81
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	2,41	0,71	0,50	0,45	0,21	0,87	2,44	0,73	0,52	0,47	0,23	0,88	2,45	0,74	0,53	0,49	0,23	0,89
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	2,55	0,85	0,57	0,52	0,27	1,15	2,57	0,87	0,58	0,52	0,29	1,16	2,61	0,88	0,59	0,54	0,30	1,18
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	2,57	0,77	0,55	0,53	0,23	1,07	2,61	0,78	0,56	0,54	0,25	1,08	2,64	0,80	0,57	0,55	0,25	1,09
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	2,62	0,80	0,61	0,53	0,25	1,18	2,68	0,82	0,64	0,55	0,26	1,21	2,71	0,83	0,62	0,57	0,27	1,23
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	2,53	0,74	0,50	0,49	0,23	0,94	2,57	0,76	0,52	0,49	0,23	0,95	2,59	0,77	0,53	0,52	0,24	0,96
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	2,57	0,87	0,55	0,53	0,29	1,12	2,64	0,88	0,57	0,53	0,30	1,13	2,65	0,91	0,58	0,55	0,33	1,15
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	2,54	0,84	0,54	0,51	0,26	1,08	2,58	0,85	0,57	0,51	0,28	1,09	2,60	0,86	0,57	0,53	0,29	1,10

Додаток Д 6.1

Формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування за 2021-2023 рр.

Варіант	2021 рік					2022 рік					2023 рік				
	Довжина стебла, см	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Довжина стебла, см	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Довжина стебла, см	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²
Без добрив (контроль)	50,1	5,5	26,8	0,69	268	64,4	6,6	24,9	0,71	293	47,1	6,79	25,7	0,72	305
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	61,8	6,3	28,4	0,83	314	74,7	6,9	25,5	0,77	345	56,5	7,21	27,1	0,78	357
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	67,6	7,3	32,8	1,09	379	81,4	8,4	33,6	1,18	392	84,6	8,69	35,3	1,21	399
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	69,7	8,1	32,7	1,07	378	82,1	8,6	33,9	1,16	389	82,8	8,37	34,2	1,17	393
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	73,2	8,0	33,0	1,13	390	82,6	8,9	34,9	1,26	408	86,1	9,11	37,1	1,31	416
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	64,0	7,0	30,3	0,98	344	80,0	8,0	31,3	1,02	365	81,2	8,17	32,6	1,04	377
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	70,3	7,8	31,9	1,11	386	81,6	8,7	34,7	1,21	396	84,9	8,93	35,7	1,25	407
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	67,2	7,4	31,1	1,04	380	80,3	8,2	33,1	1,13	383	82,9	8,51	34,5	1,14	394
НІР ₀₅	9,52	0,29	0,96	0,07	11,3	10,3	0,22	1,08	0,06	12,6	8,53	0,25	1,02	0,08	11,6

Додаток Г 6.2

Якісні показники зерна пшениці озимої залежно від удобрення та застосування меліорантів

Варіант	2021 р.				2022 р.				2023 р.			
	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса зерна, г/л	Вміст білка, %	Вміст сирієї клейковини, %	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса зерна, г/л	Вміст білка, %	Вміст сирієї клейковини, %	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса зерна, г/л	Вміст білка, %	Вміст сирієї клейковини, %
Без добрив (контроль)	25,9	703	9,5	16,4	28,5	714	10,6	16,1	27,9	707	10,2	15,0
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	29,1	715	10,7	17,9	30,3	730	11,2	17,8	28,6	723	10,9	16,9
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	33,5	729	12,6	23,9	34,6	770	13,0	24,5	34,3	762	12,8	24,4
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	33,2	740	12,3	23,5	34,1	763	12,6	23,8	33,9	754	12,5	23,6
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	34,6	735	12,9	24,9	35,4	784	13,4	25,3	35,2	778	13,1	25,2
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	31,9	717	11,8	18,3	32,7	739	12,2	18,5	32,0	734	11,7	18,1
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	34,0	726	12,7	24,3	34,5	778	13,2	25,2	34,8	770	12,9	24,9
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	33,3	720	12,5	23,7	34,3	755	12,7	24,4	34,0	752	12,6	24,2
НІР ₀₅	0,72	10,1	0,45	0,52	0,71	9,3	0,59	0,66	1,43	9,57	0,61	0,68

Додаток Е 1

«ПОГОДЖЕНО»



Ректор Національного
університету водного господарства
та природокористування

Віктор МОШИНСЬКИЙ

« 22 » 11 2024

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФГ "МП-Агро"



Тетяна ТИЩУК

« 22 » 11 2024

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – Фермерське господарство "МП-Агро"

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Оптимізація системи удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся», виконаної в Національному університеті водного господарства та природокористування, впроваджено у технологічному процесі

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці озимої.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблено систему удобрення пшениці озимої впроваджено на площі 50 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті шляхом сумісного внесення мінеральних добрив в дозі $N_{130}P_{25}K_{35}$, розрахованих нормативним методом на винос лише основної продукції в комплексі з позакореневим підживленням мікродобривом (двічі) на фоні $1,0 H_r$ дози $CaMg(CO_3)_2$.
4. **Економічна ефективність** – 215 320 тис. грн/га у цінах 2024 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення пшениці озимої забезпечить стабільний приріст урожаю зерна.

Від Національного університету
водного господарства та
природокористування

Від ФГ "МП-Агро"
відповідальний за впровадження

аспірант кафедри агрохімії,
ґрунтознавства та землеробства
ім. С.Г. Вознюка

Надія ЮВЧИК

« 22 » 11 2024р.

директор



Тетяна ТИЩУК

2024р.

Додаток Е 2

«ПОГОДЖЕНО»



«ЗАТВЕРДЖУЮ»



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – Товариство з обмеженою відповідальністю СЕЛЕЦЬ-АГРО

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Оптимізація системи удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся», виконаної в Національному університеті водного господарства та природокористування, впроваджено у технологічному процесі

- 1. Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці озимої.
- 2. Характеристика масштабів впровадження** – розроблено систему удобрення пшениці озимої впроваджено на площі 30 га.
- 3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті шляхом сумісного внесення мінеральних добрив в дозі $N_{130}P_{25}K_{35}$, розрахованих нормативним методом на винос лише основної продукції в комплексі з позакореневим підживленням мікродобривом (двічі) на фоні $1,0 N$, дози $CaMg(CO_3)_2$.
- 4. Економічна ефективність** – 129 192 тис. грн/га у цінах 2024 р.
- 5. Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення пшениці озимої забезпечить стабільний приріст урожаю зерна.

Від Національного університету
водного господарства та
природокористування

аспірант кафедри агрохімії,
грунтознавства та землеробства
ім. С.Т. Вознюка
Надія ЮВЧИК

« 22 » 11 2024р.

Від ТОВ "СЕЛЕЦЬ -АГРО"
відповідальний за впровадження

директор
Павло ГОЛЯКА

« 22 » 11 2024р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
(НУВГП)

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, тел. (0362) 63 30 98, факс (0362) 63 32 09,
e-mail: mail@nuwm.edu.ua, web: https://nuwm.edu.ua
код ЄДРПОУ 02071116

Від 14.10.2025 № 011-14 На № _____ від _____

ДОВІДКА

**про використання у навчальному процесі
Національного університету водного господарства та природокористування
результатів досліджень і розробок, одержаних при виконанні дисертації
ЮВЧИК Надії Олександрівни
на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю
201 – Агрономія**

Результати наукових досліджень, викладені у дисертації здобувача ступеня доктора філософії Ювчик Н. О., реалізовані у вигляді теоретико-практичних підходів, удосконалених методик та аналітичних інструментів, що забезпечують формування компетентностей здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня та сприяють досягненню програмних результатів навчання.

Отримані наукові результати використовуються в навчальному процесі, зокрема при викладанні навчальних дисциплін «Основи агрономії та технології вирощування сільськогосподарських культур», «Агрохімія», «Система застосування добрив». Представлені наукові результати сприяють поглибленню засвоєння знань щодо комплексного підходу до раціонального використання добрив і хімічних меліорантів із урахуванням кліматичних умов зони, властивостей ґрунту, біологічних особливостей живлення сільськогосподарських культур на основі наукових досягнень в агрономії з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, відновлення родючості ґрунтів і запобігання забруднення навколишнього середовища. Ці здобутки використовуються в межах підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальностями 201 «Агрономія», 208 «Агроінженерія» для підвищення якості освітнього процесу та професійної підготовки майбутніх фахівців:

- під час викладання навчальної дисципліни «Основи агрономії та технології вирощування сільськогосподарських культур»: Тема 5. Технологія вирощування зернових культур. Критерії оцінювання технологій.
- під час викладання навчальної дисципліни «Агрохімія»: Тема 3. Хімічна меліорація ґрунту та меліоранти.
- під час викладання навчальної дисципліни «Система застосування добрив»: Тема 3. Кругообіг та баланс поживних речовин; Тема 7. Методи визначення норм добрив; Тема 8. Хімічна меліорація ґрунтів та ефективність добрив. Тема 12. Ефективність застосування добрив під сільськогосподарські культури.

Ректор НУВГП
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Тетяна КОЛЕСНИК +380(0)362 63 32 46



Віктор МОШИНСЬКИЙ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, тел. (0362) 63-30-98, факс (0362) 63-32-09, mail@nuwm.edu.ua

Від 24.10.25 № 131-25
На № _____ від _____

ДОВІДКА

про використання досліджень, отриманих при виконанні дисертаційної роботи
Ювчик Надії Олександрівни
на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
201 – Агрономія,
в науково-дослідних роботах, виконаних у науково-дослідній частині
Національного університету водного господарства та природокористування

Видана **Ювчик Надії Олександрівни** з підтвердженням того, що результати досліджень, викладених в дисертаційній роботі на тему: *«Оптимізація системи удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся»*, використовувались при виконанні науково-дослідної кафедральної теми на кафедрі агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т. Вознюка НУВГП:

- **«Моніторинг стану та еволюції ґрунтового покриву північно-західного регіону України та адаптація сучасних систем землеробства до вимог збалансованого природокористування»** (номер державної реєстрації 0119U000583), де проведено порівняльну оцінку впливу доз мінеральних добрив, визначених різними методами, на фоні застосування хімічних меліорантів на поживний режим і фізико-хімічні властивості дерново-підзолистого зв'язнопіщаного ґрунту за вирощування пшениці озимої, що створює наукові передумови для раціонального використання добрив і підтримання оптимального балансу поживних речовин у ґрунтах Західного Полісся та дає можливість обґрунтувати шляхи оптимізації реакції ґрунтового розчину для підтримання його сталого агрохімічного стану.

Ректор НУВГП
д.с.-г.н., професор



Сергій КУНІЦЬКИЙ - 380967375013

Віктор МОШИНСЬКИЙ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

1. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Поживний режим провапнованого дерново-підзолистого ґрунту за різних доз мінерального удобрення пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2024. № 22. С. 118–124. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.19>. (Особистий внесок здобувача: взято участь у закладці та проведенні польових та агрохімічних досліджень, здійснено аналіз вмісту поживних елементів в ґрунті упродовж вегетації культури). (0,29 д.а., з них 0,15 д.а. належать автору).
2. Польовий В. М., Ювчик Н. О. Ефективність удобрення пшениці озимої на різних фонах хімічних меліорантів в умовах Західного Полісся. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць*. Рівне: НУВГП, 2024. Вип. 1 (105). С. 144–155. URI: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/30061>. (Особистий внесок здобувача: здійснено аналіз експериментальних даних, наукових публікацій). (0,5 д.а., з них 0,25 д.а. належать автору).
3. Ювчик Н. О. Фотосинтетична діяльність пшениці озимої залежно від удобрення та вапнування на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 1. С. 184–189. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0275>. (0,25 д.а.).
4. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Агрофізичні показники дерново-підзолистого ґрунту за вирощування пшениці озимої у Західному Поліссі. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина друга. С. 170–177. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.23>. (Особистий внесок здобувача: здійснено аналіз запасів доступної вологи). (0,33 д.а., з них 0,2 д.а. належать автору).
5. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Формування врожаю та якості зерна пшениці озимої за мінерального живлення та вапнування на дерново-

підзолистому ґрунті. Таврійський науковий вісник. 2025. № 142. С. 184–190. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.23>. (*Особистий внесок здобувача: взято участь у проведенні польових та агрохімічних досліджень, здійснено аналіз наукових публікацій*). (0,29 д.а., з них 0,14 д.а. належать автору).

6. Ященко Л. А., Ювчик Н. О. Винос та баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. Аграрні інновації. 2025. № 30. С. 180–186. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.25>. (*Особистий внесок здобувача: розраховано винесення основних елементів живлення пшеницею озимою*). (0,29 д.а., з них 0,14 д.а. належать автору).

Матеріали науково-практичних конференцій

1. Ювчик Н. О. Формування морфобіометричних елементів пшениці озимої залежно від удобрення та застосування меліорантів. *Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування* : матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Україна, м. Рівне, 4-5 листопада 2021 р.). [Електронне видання]. Рівне : НУВГП. 2021. С. 161–164. URL: <https://surl.li/elgxdj> (0,13 д.а.).

2. Ювчик Н. О. Урожайність пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування* : матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з Дня народження професора С. Т. Вознюка (Україна, м. Рівне, 29-30 вересня 2022 р.). Рівне : НУВГП. 2023. С. 105–107. (0,08 д.а.).

3. Ювчик Н. О. Водоспоживання пшениці озимої за різних видів удобрення та хімічної меліорації в умовах Західного Полісся. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: *Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні та Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 21–23. URL: <https://salo.li/c8eB0A0>. (0,17 д.а.).

4. Польовий В. М., Ювчик Н. О. Оптимізація удобрення пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: *Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні та Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 6–9. URL:<https://salو.li/c8eB0A0>. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних). (0,17 д.а., з них 0,07 д.а. належать автору).

5. Ювчик Н. О. Формування фотосинтетичної продуктивності пшениці озимої за різних систем удобрення на дерново-підзолистому ґрунті. Матеріали Міжнародної наукової конференції: *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство*, присвяченої 120-річчю від дня народження Григорія Андрущенка. 24-26 квітня 2023. Дубляни-Львів. С. 201–203. URL: <https://salو.li/cB04942>. (0,13 д.а.).

6. Ювчик Н. О. Потенційна кислотність дерново-підзолистого ґрунту за вирощування пшениці озимої залежно від удобрення і вапнування. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: *Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні та Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості*: зб.наук.праць. Рівне: Видавець О. Зень, 2023. С. 32–35. URL:http://www.isg.rv.ua/images/files/konferen/2023/materialy_konferencii_23_st.pdf (0,13 д.а.).

7. Ювчик Н. О. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від різних доз мінерального удобрення та хімічних меліорантів. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. 2024. С. 404–407. (0,17 д.а.).

8. Польовий В. М., Ювчик Н. О. Вплив мінеральних добрив та хімічних меліорантів на вміст елементів живлення в основній і побічній продукції рослин пшениці озимої. *Інноваційні шляхи розвитку землеробства в сучасних умовах*:

матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 4 липня 2024. с. Шубків. С. 32–34. *(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних)*. (0,13 д.а., з них 0,06 д.а. належать автору).

9. Ювчик Н. О., Литвиненко В. Р. Урожайність пшениці озимої за різних способів визначення норм добрив на фоні хімічних меліорантів. *Поєднання професійних підходів агронома та агроінженера у вирішенні сучасних проблем агровиробництва*: збірник тез I Міжкафедральної науково-практичної конференції м. Рівне, 16–17 травня 2024 р., м. Рівне: НУВГП. 2024. С. 37–41. *(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних)*. (0,21 д.а., з них 0,13 д.а. належать автору).

10. Volodymyr Polovyι, Liudmyla Yashchenko, Nadia Yuvchyk. Winter wheat quality and economic viability of different mineral fertilizer rates on limed retisol. I International Scientific and Practical Conference "*ONE WORLD – ONE HEALTH*". 4-5 June 2024. Słupsk Poland. P. 161–166. URL: <https://salo.li/f1b4C23>. *(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних)*. (0,25 д.а., з них 0,08 д.а. належать автору).

11. Ювчик Н. О., Литвиненко В. Р. Баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої в умовах Західного Полісся. *Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті*: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (9-10 квітня 2025 р.). Рівне. 2025. С. 63-64. URL: <https://surl.li/vzfncc>. *(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз даних)*. (0,08 д.а., з них 0,04 д.а. належать автору).

12. Ювчик Н. О. Співвідношення макроелементів в основній і побічній продукції за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. *Сучасні інноваційні тенденції розвитку землеробства*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 11 червня 2025. с. Шубків. С. 185-187. (0,13 д.а.).