

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

СІЛІФОНОВ ТАРАС ВОЛОДИМИРОВИЧ

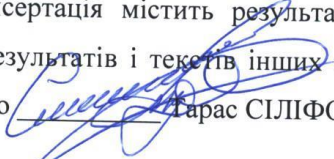
УДК 631.559+664.64.016:633.111:631.526.3]:631.816

ДИСЕРТАЦІЯ
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗНОСТИГЛИХ СОРТІВ
ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ У
ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

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  Тарас СІЛІФОНОВ

Науковий керівник – Господаренко Григорій Миколайович, доктор
сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2025

АНОТАЦІЯ

Сіліфонов Т. В. Формування продуктивності різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення у Правобережному Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Уманський національний університет, Умань, 2025.

Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є однією з трьох основних зернових культур у світі та основною продовольчою культурою багатьох країн. Величина врожаю зерна та його якість насамперед залежать від забезпечення рослин азотом. Висока реакція пшениці на цей елемент живлення та підвищена стійкість проти вилягання її сучасних сортів відкриває великі можливості для впровадження нових ефективних прийомів у технологічний процес вирощування цієї культури. Тому в комплексі заходів для розроблення технології вирощування пшениці озимої у певних ґрунтово-кліматичних умовах вирішальна роль насамперед належить азотним добривам.

У дисертації наведено результати вивчення формування показників росту та розвитку рослин (динаміка висоти рослин, структура врожаю), врожайність і якість зерна, вміст основних складових живлення в зерні та соломі, господарське та відносне їх винесення, баланс та його інтенсивність, результати агрохімічної, енергетичної, економічної та комплексної оцінки застосування добрив під різностиглі сорти пшениці м'якої озимої.

Найбільше впливає на висоту рослин період колосіння – молочна стиглість зерна, оскільки у цей період показник найсильніше підвищується. Так, цей показник зростає від 66 до 78 см у 2020 р., від 65 до 82 – у 2021 р. та від 61 до 72 см у 2022 р. У сорту КВС Еміл висота рослин мало змінюється залежно від року дослідження. Найбільше впливає

застосування азотної складової порівняно з іншими видами добрив. Рослини лінії Пріно слабо реагують на застосування добрив у фазу ВВСН 22, проте висота рослин достовірно зростає впродовж інших періодів. У фазу ВВСН 93 висота рослин зростає від 71 до 80 см або на 27 % у 2020 р, від 68 до 77 см, або на 13 % у 2021 р. та від 65 до 84 см, або на 29 % у 2022 р. за внесення N_{150} .

Сорт пшениці м'якої озимої КВС Еміл формує максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 в усі роки досліджень – 693–948 шт./м² залежно від варіанта досліджу. Фаза ВВСН 50 у 2020 р. характеризується зниженням цього показника до 533–639 шт./м² (або в 1,5–1,6 раза, як порівняти з ВВСН 30); ВВСН 93 – підвищенням від 513 (контрольний варіант, без добрив) до 584–616 шт./м², або на 14–20 % (зі внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив). Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшує чисельність продуктивних стебел до 588 шт./м², або на 15 % проти контролю; внесення повного мінерального добрива – до 624 шт./м², або на 22 %. Одержані значення у варіантах з азотно-калійною, азотно-фосфорною системами та за неповного повернення фосфорних і калійних добрив майже не відрізнялися від результатів, отриманих після внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$. Це свідчить про сильнішу реакцію пшениці м'якої озимої на використання азотних добрив, як порівняти з фосфорними та калійними. Завдяки поліпшенню умов мінерального живлення більшість стебел продуктивні (із зерном), а кількість непродуктивних зменшується від 19 до 13–18 шт./м² залежно від системи удобрення.

Густота стебел пшениці м'якої озимої лінії Пріно у фазу ВВСН 30 збільшується від 457 (без добрив) до 671 шт./м², або на 47 % (повне мінеральне добриво); у ВВСН 50 – зменшується до 252–311 шт./м², або в 1,8–2,2 раза проти ВВСН 30. Схожі тенденції внаслідок застосування різних видів і доз добрив спостерігали й для сорту КВС Еміл. Кількість продуктивних стебел лінії Пріно у фазі ВВСН 93 становить 238 шт./м² (контроль). Після внесення повного мінерального добрива вона зростає до

301 шт./м², або на 26 %. Водночас чисельність непродуктивних стебел зменшується з 13 до 9 шт./м².

Середня (за три роки досліджень) маса зерна з одного колоса сорту КВС Еміл у контрольному варіанті становить 1,29 г. За використання 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшується до 1,39 г, або на 8 %; N₇₅P₃₀K₄₀ – до 1,47 г, або на 14 %; повного мінерального добрива – до рівня варіанта з N₇₅P₃₀K₄₀; N₁₅₀ – до 1,37 г, або на 6 % проти контролю. На фосфорно-калійному фоні цей показник підвищується до 1,38 г, або на 7 %. Значення у варіантах із неповним поверненням фосфорних і калійних добрив дорівнюють результатам, одержаним за внесення повного мінерального добрива.

Використання різних систем удобрення в дослідях достовірно збільшує врожайність зерна пшениці м'якої озимої. Так, застосування N₇₅, підвищує цей показник у 1,2 рази, а N₁₅₀ – у 1,4 рази порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорних, калійних і фосфорно-калійних добрив достовірно збільшує врожайність зерна порівняно з азотними системами удобрення. Проте цей показник у варіанті N₁₅₀P₆₀K₈₀ збільшується лише на 10 % порівняно з азотною системою удобрення.

Урожайність з неповним поверненням фосфорно-калійних добрив лише на 2–3 % менший порівняно з повним мінеральним добривом. За умови застосування азотно-фосфорної та азотно-калійної системи удобрення урожайність на 5–7 % більша порівняно з азотною системою. При цьому цей показник був на 6 % менший порівняно з повним мінеральним добривом.

Найменше на врожайність зерна пшениці м'якої озимої впливає фосфорно-калійна система удобрення. Так, цей показник збільшується лише на 7 % порівняно з контролем. При цьому вплив чинника достовірний. Необхідно відзначити, що врожайність достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої. Так, цей показник за вирощування сорту КВС Еміл на 35 % більший порівняно з лінією Пріно.

Застосування азотних добрив достовірно впливає на вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої. Так, цей показник зростає від 12,3 у варіанті без добрив до 14,7 % залежно від системи удобрення. Слід відзначити, що фосфорно-калійна система не впливає на вміст білка. При цьому доза азотних добрив має різний вплив на цей показник. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищує вміст білка до 13,5 % або на 10 % порівняно з контролем. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив вміст білка зростає до 14,2 % або на 15 %. Застосування азотних добрив з фосфорно-калійними сприяє зростанню цього показника лише на 2–4 %.

Вміст білка достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов. За вирощування сортів пшениці озимої вміст білка може змінюватись від 12,8 до 15,1 %. Погодні умови вегетаційного періоду можуть змінювати цей показник від 13,1 до 14,7 %.

Незважаючи на формування вищого вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої в 2020 р., збір білка вищий в 2021 р. Так, за вирощування сорту КВС Еміл цей показник на 11–17 %, а в сорту Ріно – на 14–23 % вищий порівняно з 2020 р. Крім цього, необхідно відзначити, що стабільність збору білка зростає за внесення повного мінерального добрива.

У середньому за три роки проведення досліджень вміст клейковини у зерні пшениці м'якої сорту КВС Еміл зростає від 24,7 до 26,1 % або на 6 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив і до 28,7 %, або на 16 % за внесення N_{150} . У варіанті досліду з повним мінеральним добривом ($N_{75}P_{30}K_{40}$) її вміст зростає до 27,4 % або на 11 %, а за подвійної дози добрив – до 29,8 %, або на 21 %. Неповне повернення в ґрунт, винесених з урожаннями фосфору і калію з добривами, істотно не знижує вмісту клейковини у зерні порівняно з повним мінеральним добривом. При цьому індекс стабільності її вмісту зростає від 1,16 у варіанті без добрив до 1,03–1,13 залежно від системи удобрення. Вміст клейковини у зерні сорту Ріно істотно вищий порівняно з сортом КВС Еміл і в середньому за три роки

досліджень зростає на 9 % за внесення N_{75} і на 11 % у варіанті досліді N_{150} . У варіанті з повним мінеральним добривом вміст клейковини 36,4 %, а індекс стабільності вищий порівняно з сортом КВС Еміл – 1,02–1,06.

Вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл за сприятливіших погодних умов 2020 р. становить 26,5–30,9 %, а в 2021 р. – 22,8–28,9 %. У зерні сорту Ріно її вміст відповідно 32,3–37,2 і 30,8–35,6 % залежно від варіанту досліді.

Дослідженнями встановлено, що винесення азоту пшеницею озимою із зерном і соломою змінюється в значних межах – 93,1–214,6 кг/га залежно від погодних умов вегетаційного періоду, удобрення та сорту. При цьому необхідно зазначити, що найбільший вплив на цей показник має система застосування добрив. Особливо її азотна складова. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/га д. р. у середньому за три роки проведення досліджень підвищує винесення азоту порівняно з неудобреними ділянками у сорту КВС Еміл відповідно на 38 і 67 %, а в лінії Пріно – на 26 і 42 %. Тобто рослини лінії Пріно менше реагує на поліпшення азотного живлення.

Як і на винесення азоту, на винесення фосфору найбільше впливає внесення азотних добрив як окремо, так і в поєднанні з фосфорними і калійними добривами. Винесення фосфору також залежить від умов вегетаційного періоду і збільшується навіть на ділянках досліді без добрив за більш сприятливої погоди на 9,5–14,2 кг/га або на 25–33 % залежно від сорту.

За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) у середньому за три роки проведення досліджень винесення калію порівняно з неудобреними ділянками збільшується на 68,5 кг/га сортом КВС Еміл і лінією Пріно – на 60,9 кг/га або відповідно на 45 і 41 %.

На тлі парних комбінацій основних складових живлення азотна складова в повному мінеральному добриві ($N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяє підвищенню господарського винесення калію сортом КВС Еміл на 60 %, фосфорна – на

5 і калійна – на 11 %. Зменшення в складі повного добрива частки фосфорних і калійних добрив удвічі зменшує винесення калію пшеницею озимою в середньому за три роки проведення досліджень лише на 1–2 % залежно від сорту.

Коефіцієнт використання фосфору з добрив у досліді змінюється залежно від сорту й удобрення в межах 7,5–35,6 %, а калію – 10,1–41,5 %. При цьому необхідно зазначити, що пшениця озима лінії Пріно ліпше засвоює фосфор і калій порівняно із сортом КВС Еміл. Так, у варіанті досліді з половинними дозами фосфорних і калійних добрив ($N_{150}P_{30}K_{40}$) коефіцієнт використання фосфору й калію становить відповідно 25,3 і 19,3 % рослинами сорту КВС Еміл та 35,6 і 27,0 % лінією Пріно. При цьому, як зазначалося вище, коефіцієнт використання азоту з добрив у цьому варіанті досліді, навпаки вищий у сорту КВС Еміл – відповідно 54,5 % проти 42,3 %.

За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках досліді з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складала 95,2–132,5 %. Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечує внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. недостатня для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах досліді з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складалася на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту пшениці озимої.

Встановлено, що найвищий умовно чистий прибуток отримано за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 39,2 тис. грн/га в сорту КВС Еміл. Чистий енергетичний дохід при цьому становить 21,4 ГДж/га, а окупність 1 кг NPK – 12,3 кг зерна. Умовно чистий прибуток за вирощування лінії Пріно менший і становить 24,9 тис. грн./га.

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю та якості зерна пшениці

м'якої озимої з урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності й відновлення родючості ґрунту рекомендується застосовувати $N_{75}P_{30}K_{40}$ за умови вирощування середньостиглих сортів після сої у чотирипільній польовій сівозміні.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, різностиглі сорти, дози мінеральних добрив, ріст і розвиток рослин, структура врожаю, врожайність, технологічні властивості, господарське винесення, відносне винесення, елементи живлення, баланс складових живлення.

ANNOTATION

Silifonov T. V. Formation of productivity of different maturing varieties of soft winter wheat depending on fertilizer in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Philosophy Doctor in specialty 201 "Agronomy" (20 – Agrarian Sciences and Food). – Uman National University, Uman, 2025.

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the three main grain crops in the world and the main food crop of many countries. The size of the grain yield and its quality primarily depend on nitrogen supply to plants. The high response of wheat to this nutrient and the increased resistance to lodging of its modern varieties offers great opportunities for the introduction of new effective techniques into the technological process of growing this crop. Therefore, in the complex of measures for the development of the technology of growing winter wheat in particular soil and climatic conditions, nitrogen fertilizers play a crucial role.

The dissertation shows the results of studying the formation of plant growth and development indicators (dynamics of plant height, crop structure), yield and quality of grain, the content of the main nutrients in grain and straw, their economic and relative yield, balance and its intensity, results of agrochemical, energetic, economic and comprehensive evaluation of the use of fertilizers for different varieties of soft winter wheat.

The milk ripeness of the grain has the greatest effect on plant height during the earing period, as the indicator increases the most during this period. Thus, this indicator increases from 66 to 78 cm in 2020, from 65 to 82 in 2021, and from 61 to 72 cm in 2022. In the KVS Emil variety, plant height varies little depending on the research year. The use of the nitrogen component has the greatest effect compared to other types of fertilizers. Plants of the Prino line weakly respond to the application of fertilizers in the BBCH 22 stage, but plant

height reliably increases during other periods. In the BBCH 93 stage, plant height increases from 71 to 80 cm or by 27 % in 2020, from 68 to 77 cm, or by 13 % in 2021, and from 65 to 84 cm, or by 29 % in 2022 with N₁₅₀ application.

The Emil soft winter wheat variety forms the maximum number of stems in the BBCH 30 stage in all years of research – 693–948 pcs/m² depending on the experiment variant. The BBCH 50 phase in 2020 is characterized by a decrease in this indicator to 533–639 pcs/m² (or 1.5–1.6 times, compared to BBCH 30); BBCH 93 – an increase from 513 (control variant, without fertilizers) to 584–616 pcs/m², or by 14–20 % (with the introduction of 75–150 kg/ha per year of nitrogen fertilizers). The application of N₇₅P₃₀K₄₀ increases the number of productive stems to 588 pcs/m², or by 15 % compared to the control; the application of complete mineral fertilizer – to 624 pcs/m², or by 22 %. The results obtained in the variants with nitrogen-potassium, nitrogen-phosphorus systems and with incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers almost did not differ from the results obtained after applying N₁₅₀P₆₀K₈₀. This indicates a stronger response of soft winter wheat to the use of nitrogen fertilizers compared to phosphorus and potassium. Due to the improvement of mineral nutrition, most stems are productive (with grain), and the number of non-productive stems decreases from 19 to 13–18 pcs/m² depending on the fertilizer system.

The density of Prino soft winter wheat stems in the BBCH 30 stage increases from 457 (without fertilizers) to 671 pcs/m² or by 47 % (complete mineral fertilizer); in BBCH 50 – decreases to 252–311 pcs/m² or 1.8–2.2 times compared to BBCH 30. Similar trends due to the use of different types and doses of fertilizers were also observed for the Emil KVS variety. The number of productive stems of the Prino line in the BBCH 93 stage is 238 pcs/m² (control). After the application of complete mineral fertilizer, it increases to 301 pcs/m² or by 26 %. At the same time, the number of non-productive stems decreases from 13 to 9 pcs/m².

The average (over the three years of research) grain weight from one ear

of the KVS Emil variety in the control variant is 1.29 g. When using 75 kg/ha active ingredient nitrogen fertilizers increased to 1.39 g or by 8 %; $N_{75}P_{30}K_{40}$ – to 1.47 g, or by 14 %; complete mineral fertilizer – to the level of the $N_{75}P_{30}K_{40}$ variant; N_{150} – to 1.37 g or by 6 % compared to the control. Against the phosphorus-potassium background, this indicator increases to 1.38 g or by 7 %. The results in the variants with incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers are equal to the results obtained with the application of complete mineral fertilizer.

The use of various fertilizer systems in experiments reliably increases the yield of soft winter wheat. Thus, the application of N_{75} increases this indicator by 1.2 times, and N_{150} by 1.4 times compared to the variant without fertilizers. The use of phosphorus, potassium and phosphorus-potassium fertilizers significantly increases grain yield compared to nitrogen fertilizer systems. However, this indicator in the $N_{150}P_{60}K_{80}$ variant increases by only 10 % compared to the nitrogen fertilizer system.

Yield with incomplete return of phosphorus-potassium fertilizers is only 2–3 % lower compared to complete mineral fertilizer. When using nitrogen-phosphorus and nitrogen-potassium fertilizer systems, the yield is 5–7 % higher compared to the nitrogen system. Moreover, this indicator was 6 % lower compared to complete mineral fertilizer.

The phosphorus-potassium fertilizer system has the least effect on the grain yield of soft winter wheat. Thus, this indicator increases by only 7 % compared to control. At the same time, the influence of the factor is reliable. It should be noted that yield significantly varies depending on soft winter wheat variety. Thus, this indicator under the cultivation of the KVS Emil variety is 35 % higher compared to the Prino line.

The use of nitrogen fertilizers reliably affects the protein content of soft winter wheat grain. Thus, this indicator increases from 12.3 in case without fertilizers to 14.7 % depending on the fertilizer system. It should be noted that the phosphorus-potassium system does not affect protein content. In addition,

the dose of nitrogen fertilizers has a different effect on this indicator. Application of 75 kg/ha active ingredient of nitrogen fertilizers increases the protein content to 13.5 % or by 10 % compared to the control. In the variant with a double dose of nitrogen fertilizers, the protein content increases to 14.2 % or 15 %. The use of nitrogen fertilizers with phosphorus-potassium fertilizers contributes to an increase in this indicator by only 2–4 %.

Protein content varies significantly depending on the variety of soft winter wheat and weather conditions. Under the cultivation of winter wheat varieties, the protein content can vary from 12.8 to 15.1 %. The weather conditions of the growing season can change this indicator from 13.1 to 14.7 %.

Despite the formation of higher protein content in soft winter wheat grain in 2020, protein yield is higher in 2021. Thus, under the cultivation of the KVS Emil variety, this indicator is 11–17 % higher, and under the Rino variety – 14–23 % higher compared to 2020. In addition, it should be noted that the stability of protein collection increases when complete mineral fertilizer is applied.

On average, over the three years of research, the gluten content in soft wheat grain of the KVS Emil variety increases from 24.7 to 26.1 % or by 6 % when applying of 75 kg/ha active ingredient of nitrogen fertilizers and up to 28.7 % or by 16 % when N_{150} is applied. In the experiment variant with complete mineral fertilizer ($N_{75}P_{30}K_{40}$), its content increases to 27.4 % or by 11 %, and with a double dose of fertilizers – to 29.8 % or by 21 %. Incomplete return to the soil of phosphorus and potassium removed with fertilizers does not significantly reduce the gluten content in grain compared to complete mineral fertilizer. Moreover, the stability index of its content increases from 1.16 in the variant without fertilizers to 1.03–1.13 depending on the fertilizer system. The gluten content in the Rino variety grain is significantly higher compared to the KVS Emil variety and on average over the three years of research increases by 9 % with the use of N_{75} and by 11 % in the N_{150} experiment variant. In the variant with complete mineral fertilizer, the gluten content is 36.4 %, and the stability index is higher compared to the KVS Emil variety – 1.02 – 1.06.

The gluten content in the grain of the KVS Emil variety under more favorable weather conditions in 2020 is 26.5–30.9 %, and in 2021 – 22.8–28.9 %. In the Rino variety grain, its content is 32.3–37.2 and 30.8–35.6 %, respectively, depending on the experimental variant.

Researches have shown that the removal of nitrogen by winter wheat with grain and straw varies significantly from -93.1 to 214.6 kg/ha, depending on the weather conditions of the growing season, fertilizer and variety. At the same time, it should be noted that the fertilizer application system has the greatest effect on this indicator, especially its nitrogen component. Thus, the application of only nitrogen fertilizers at a dose of 75 and 150 kg/ha on average over the three years of research increases nitrogen removal compared to unfertilized areas in the KVS variety by 38 and 67 %, respectively, and in the Prino line by 26 and 42 %. That is, plants of the Prino line respond less to improved nitrogen nutrition.

Similarly to nitrogen removal, the removal of phosphorus is most affected by the application of nitrogen fertilizers both separately and in combination with phosphorus and potassium fertilizers. Phosphorus removal also depends on the conditions of the growing season and increases even in experimental areas without fertilizers in more favorable weather by 9.5–14.2 kg/ha or by 25–33 % depending on the variety.

With the introduction of complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$ variant), on average, over the three years of research, compared to non-fertilized areas, the removal of potassium increases by 68.5 kg/ha in the KVS Emil variety and the Prino line – by 60.9 kg/ha or by 45 and 41 %, respectively.

Against the background of paired combinations of the main nutrients, the nitrogen component in the complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K$) helps to increase the economic yield of potassium by the KVS Emil variety by 60 %, phosphorus – by 5 %, and potassium – by 11 %. Decreasing the proportion of phosphorus and potassium fertilizers in the composition of the complete fertilizer reduces the removal of potassium by winter wheat by an average of

only 1–2 % over the three years of research depending on the variety.

Utilization coefficient of phosphorus from fertilizers in the experiment varies depending on the variety and fertilizer in the range of 7.5–35.6 %, and potassium – 10.1–41.5 %. At the same time, it should be noted that winter wheat of the Prino line absorbs phosphorus and potassium better compared to the KVS Emil variety. Thus, in the experiment variant with half doses of phosphorus and potassium fertilizers ($N_{150}P_{30}K_{40}$), utilization coefficient of phosphorus and potassium is, respectively, 25.3 and 19.3 % for plants of the KVS Emil variety and 35.6 and 27.0 % for the Prino line. At the same time, as mentioned above, the utilization coefficient of nitrogen from fertilizers in this experiment variant, on the contrary, is higher in the KVS Emil variety – 54.5 % versus 42.3 %, respectively.

Under the condition of straw removal from the field of only grain in the experimental areas with the application of 150 kg/ha of nitrogen fertilizers, the intensity of its balance was 95.2–132.5 %. Phosphorus balance intensity of 113.4–169.5 %, depending on the fertilization system and winter wheat variety, ensures the application of phosphorus fertilizers at a dose of 60 kg/ha active ingredient. The dose of phosphorus fertilizers 30 kg/ha active ingredient is insufficient to form a balanced phosphorus balance. The intensity of the potassium balance in all variants of the experiment with the application of 30 and 60 kg/ha of potassium fertilizers and leaving straw on the field was at the level of 114.0–402.0 % depending on the fertilizer system and winter wheat variety.

It was established that the highest conditional net profit was obtained by applying $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 39.2 thousand UAH/ha to the KVS Emil variety. The net energy income is 21.4 GJ/ha, and the payback of 1 kg of NPK is 12.3 kg of grain. Operating profit for growing the Prino line is lower and amounts to 24.9 thousand UAH/ha.

In the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on podzolized chernozem, to obtain a high yield and quality of soft winter wheat

grain, taking into account agrochemical and energy efficiency and restoration of soil fertility, it is recommended to use $N_{75}P_{30}K_{40}$, provided that mid-ripening varieties are grown after soybeans in a four-field crop rotation.

Keywords: soft winter wheat, different ripening varieties, doses of mineral fertilizers, plant growth and development, crop structure, yield, technological properties, economic yield, relative yield, nutrients, nutrient balance.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus

1. Hospodarenko H., Liubych V., Oliinyk O., Polianetska I., Silifonov T. Influence of fertilization on the crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 2022. Vol. 75(2). P. 9919–9928. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n2.98290>.

Статті у фахових виданнях України

2. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 146–156. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-146-156>

3. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Полянецька І. О. Фізико-хімічні властивості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. С. 206–222. <http://dx.doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-206-222>

4. Сіліфонов Т. В. Урожайність і вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за умови використання різних видів і доз добрив. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Том 19(1). С. 44–51. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277770>

5. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Вплив різних видів і доз добрив на формування структури урожаю пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл і лінії 'Пріно'. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 2. С. 104–110.

6. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Формування балансу основних складових живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення. *Збірник Уманського НУС*. 2024. Вип. 105. С. 338–352.

Патенти

7. Пат. 154325 Україна, МПК (2023.01), A01C21/00, C05B21/00. Спосіб застосування добрив під пізньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В. ; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2022 02429; заявл. 11.07.2022; опубл. 09.11.2023, Бюл. № 45.

8. Пат. 154324 Україна, МПК A01C21/00, C05C11/00. Спосіб застосування добрив під ранньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В. ; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2022 02428; заявл. 11.07.2022; опубл. 09.11.2023, Бюл. № 45.

9. Пат. 154329 Україна, МПК C05C3/00, C05C11/00. Спосіб тимчасового застосування азотних добрив під пшеницю м'яку озиму за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В. ; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2022 03039; заявл. 22.08.2022; опубл. 08.11.2023, Бюл. № 45.

Матеріали науково-практичних конференцій

10. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Вплив систем удобрення у польовій сівозміні на продуктивність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої. The XII International Scientific and Practical Conference «Actual priorities of modern science, education and practice», March 29 – April 01, 2022, Paris, France. P. 37–40.

11. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Фізичні показники якості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. Тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології», 21 лютого 2022 р. Умань, 2022. С. 37–38.

12. Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Технологічні властивості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату: матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.). Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. – Харків, 2022. С. 29–33.

13. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різного удобрення. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції “Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні”: зб. наук. праць. Рівне, 2022. С. 37–38.

14. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різного удобрення. Інноваційні технології в рослинництві: матеріали V Всеукраїнської наукової інтернет-конференції (25 травня 2022 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2022. С. 37–39.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1	
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (огляд літератури)	27
1.1	27
1.2	30
1.3	34
РОЗДІЛ 2	
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
2.1	44
2.2	49
РОЗДІЛ 3	
ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ	53
3.1	53
3.2	56
РОЗДІЛ 4	
ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ	69
4.1	69
4.2	77
РОЗДІЛ 5	
ЗАСВОЄННЯ СКЛАДОВИХ ЖИВЛЕННЯ РІЗНИМИ СОРТАМИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ	99
5.1	100

	соломі	
5.2	Винесення основних складових живлення з урожаєм і баланс їх у ґрунті	112
РОЗДІЛ 6	АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ПІД СОРТИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ	138
	ВИСНОВКИ	149
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	153
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	154
	ДОДАТКИ	183

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є однією з трьох основних зернових культур у світі та основною продовольчою культурою багатьох країн [1]. Передбачається, що глобальна температура постійно зростатиме через зміну клімату, негативно впливаючи на ріст і врожайність пшениці озимої. Оптимізація традиційних сільськогосподарських заходів необхідна для пом'якшення потенційних втрат урожаю пшениці озимої, спричинених майбутніми змінами клімату [3]. Крім цього, очікується, що до 2050 року чисельність населення світу досягне щонайменше 9 мільярдів, що потребуватиме на 70 % більше продукції. За останні п'ять десятиліть виробництво зерна тільки у Китаї зросло в чотири рази. При цьому більше половини збільшення виробництва рослинництва можна пояснити швидким зростанням споживання хімічних речовин, зокрема хімічних добрив [4].

Пшениця – стратегічна зернова культура, оскільки займає чільне місце серед продовольчого зерна на вітчизняному й світовому ринку [7]. Величина врожаю зерна і його якість насамперед залежать від забезпечення рослин азотом. Висока реакція пшениці на цей елемент живлення та підвищена стійкість проти вилягання її сучасних сортів відкриває великі можливості для впровадження нових ефективних прийомів у технологічний процес вирощування цієї культури. Тому в комплексі заходів для розроблення технології вирощування пшениці озимої у певних ґрунтово-кліматичних умовах вирішальна роль насамперед належить азотним добривам [9]. Як доводить практичний досвід, за допомогою простого збільшення дози азотних добрив не вдається істотно підвищити продуктивність пшениці озимої. У силу своїх біологічних особливостей вона не витримує високих доз азотних добрив, які вносять до початку сівби. Це змушує проводити підживлення у період найбільшої потреби рослин в азоті [11].

Аналіз літератури свідчить про високу реакцію пшениці м'якої озимої на застосування азотних добрив. Рекомендована доза азотних добрив змінюється в дуже широкому діапазоні. Очевидно різні сорти мають специфічну реакцію на їх застосування. Проте зміни у погодних умовах і створення нових сортів зумовлюють необхідність детальнішого вивчення ефективності удобрення різних сортів пшениці м'якої озимої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах з урахуванням систем удобрення в польовій сівозміні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основу дисертації становлять матеріали науково-дослідної роботи, які входили до програми наукових досліджень Уманського НУС «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроєкосистем України» (2021–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U112521) за тематикою кафедри агрохімії і ґрунтознавства «Забезпечення раціонального використання ґрунтових ресурсів та управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур», а також у ПНД НААН 1 «Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології» 01.03.02.01. Ф. «Удосконалити теоретичне підґрунтя інформаційно-методичного забезпечення сталого управлінням азотним, фосфорним і калійним живленням сільськогосподарських культур» за темою «Розробити систему удобрення різностиглих пшениці м'якої озимої для умов Правобережного Лісостепу України».

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – визначити продуктивність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України за різних доз і комбінацій мінеральних добрив у короткостроковій польовій сівозміні та обґрунтувати оптимальне насичення добривами для відновлення родючості ґрунту й отримання стабільних урожаїв.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

- визначити вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин різностиглих сортів пшениці м'якої озимої;
- встановити вплив удобрення на формування індивідуальної продуктивності різностиглих сортів рослин пшениці м'якої озимої;
- з'ясувати вплив тривалого застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої;
- розрахувати винесення основних складових живлення пшеницею м'якою озимою залежно від системи удобрення;
- провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив у чотирипільній сівозміні під різностиглі сорти пшениці м'якої озимої.

Об'єкт досліджень – вплив різних систем удобрення на поживний режим ґрунту, показники росту та розвитку рослин, урожайність та якість зерна та баланс основних складових живлення в ґрунті.

Предмет дослідження – удосконалення системи удобрення пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу за різних видів і доз мінеральних добрив у чотирипільній сівозміні.

Методи досліджень. Для реалізації визначених завдань дослідження використано комплекс загальноприйнятих і спеціальних методів, спрямованих на отримання об'єктивних результатів: польові (визначення параметрів показників росту рослин і врожайності зерна, відбирання зразків ґрунту та рослин), лабораторні (підготовка досліджуваного матеріалу для аналізування, визначення сполук азоту мінеральних форм, рухомих сполук фосфору та калію, основних складових живлення в зерні та соломі, біохімічної складової зерна), аналітичні (аналіз процесу формування продуктивності пшениці м'якої озимої залежно від удобрення та взаємозв'язків між ними), інформаційні (огляд досліджуваних заходів у науковій літературі, оброблення і поширення наукової інформації), статистичні (дисперсійний аналіз для визначення достовірності отриманих

результатів досліджень, кореляційний і регресійний аналіз), а також економічний, агрохімічний та енергетичний. Хімічні та фізико-хімічні аналізи проводили стандартизованими і загальноприйнятими методами з використанням сертифікованих приладів в атестованій лабораторії масових аналізів Уманського національного університету садівництва.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні науково-прикладних завдань та виявленні загальних закономірностей формування продуктивності різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення в чотирипільній сівозміні.

Уперше

проведено теоретичне обґрунтування оптимізації мінерального живлення різностиглих сортів пшениці м'якої озимої на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу в коротко ротаційній сівозміні на тлі залишення на полі на добриво нетоварної частини урожаю культур, встановлено різний вплив тривалого застосування добрив на формування складових продуктивності різностиглих сортів пшениці м'якої озимої. Визначено параметри засвоєння основних складових живлення пшеницею м'якою озимою залежно від удобрення та погодних умов. Уточнено параметри відносного винесення та балансу азоту, фосфору та калію.

Визначено, що врожайність зерна сорту КВС Еміл за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшується до 5,91–7,53 т/га з вмістом білка 12,5–12,7 %. За внесення подвійної дози добрив ($N_{150}P_{60}K_{80}$) врожайність збільшується до 7,18–8,27 т/га за вмісту білка 13,1–13,9 %. За вирощування лінії Пріно цей показник становить відповідно 4,11–5,75 т/га з вмістом білка 13,3–16,0 % і до 5,09–6,22 т/га з вмістом білка 15,1–16,8 % залежно від погодних умов.

Урожайність з неповним поверненням фосфорно-калійних добрив лише на 2–3 % менший порівняно з повним мінеральним добривом. За умови застосування азотно-фосфорної та азотно-калійної системи удобрення урожайність на 5–7 % більша порівняно з азотною системою.

Удосконалено систему удобрення різностиглих сортів пшениці м'якої

озимої з обґрунтуванням можливості зниження доз внесення мінеральних добрив. Уточнено регіональні показники відносного винесення основних складових живлення різними сортами пшениці м'якої озимої.

Дістало подальшого розвитку підтвердження можливості зниження доз мінеральних добрив під пшеницю м'яку озиму у короткоротаційній сівозміні.

Практичне значення отриманих результатів полягає в уточненні показників відносного винесення основних складових живлення різностиглими сортами пшениці м'якої озимої. Визначено інтенсивність балансу різних систем удобрення в польовій сівозміні та параметри окупності 1 кг мінеральних добрив зерном різностиглих сортів. Удосконалено систему удобрення різностиглих сортів пшениці м'якої озимої. Встановлено, що в 4-пільній сівозміні після сої економічно доцільно застосувати $N_{75}P_{30}K_{40}$ за вирощування ранньостиглих і середньостиглих сортів.

Розроблено спосіб застосування добрив під пізньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівозміні (Пат. 154325), Спосіб застосування добрив під ранньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівозміні (Пат. 154324), Спосіб тимчасового застосування азотних добрив під пшеницю м'яку озиму за вирощування після сої у польовій сівозміні (Пат. 154329).

Основні результати дослідження впроваджено в Білоцерківській дослідно-селекційній станції Київської області на площі 32 га (акт від 27.03.2025 р.), в Українському інституті експертизи сортів рослин Київської обл. на площі 50 га (акт від 25.03.2025 р.), в Інституті картоплярства Київської обл. на площі 70 га (акт від 10.03.2025 р.).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, що виносяться на захист кандидатської дисертації, отримано в процесі науково-дослідної роботи здобувача. Особистий внесок полягає у формуванні мети і завдань досліджень, узагальненні відомостей з наукової літератури, виконанні

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. Внесок здобувача в публікаціях складає 70–90 %.

Апробація результатів дисертації. Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на конференціях The XII International Scientific and Practical Conference «Actual priorities of modern science, education and practice» (France, 2022), Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології» (Умань, 2022), Міжнародній науковій інтернет-конференції «Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату» (Харків, 2022), Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві» (Кам'янець-Подільський, 2022).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 14 наукових працях, з яких одна стаття входить до видання, що цитується в базі Scopus, п'ять – статті в фахових виданнях України, три патенти на корисну модель і п'ять праць у матеріалах науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 195 сторінках комп'ютерного набору, в тому числі 136 – основного тексту, що включає вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву. Містить анотацію, 37 таблиць, 7 рисунків і сім додатків (таблиці, відомості про апробацію результатів дисертації). Список використаних джерел включає 229 найменування, з яких 80 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

1.1 Значення пшениці м'якої озимої

Пшениця озима є однією з основних продовольчих культур, що забезпечує національну продовольчу безпеку України загальним виробництвом та високоякісним зерном [122]. Площа посіву пшениці м'якої озимої займає перше місце в Україні, а виробництво високоякісного зерна набуває особливої актуальності [124]. У технології його вирощування добір сортів є вирішальним фактором підвищення врожайності та поліпшення якості зерна [141].

Виробництво харчових продуктів є однією зі стратегічних галузей будь-якої країни світу [117]. В сучасних економічних умовах значення аграрного сектора в економіці зростає, оскільки реалізація сільськогосподарської продукції сприяє підвищенню конкурентоспроможності України, тобто її валового внутрішнього продукту. Важливою частиною сільськогосподарського виробництва є вирощування продовольчих культур [129]. Тривалий час Україна входить до десятки лідерів у світі за виробництвом зерна на душу населення.

Пшениця є основною культурою у світі завдяки своїм корисним компонентам, таким як вуглеводи, вітаміни (особливо вітаміни групи В), білки і фітохімічні речовини, необхідні для здоров'я людини [131]. Дійсно, ексклюзивні характеристики білкової фракції глютену дозволяють переробляти пшеницю для хліба, локшини, випічки, макаронних виробів і виробляти низку функціональних інгредієнтів [133]. Нині виробництво пшениці не задовольняє потреби людини і щорічну врожайність зерна пшениці необхідно збільшити з поточного рівня до 1,6 % [142].

Пшениця в сівозміні підвищує врожайність усіх інших культур за рахунок поліпшення насамперед фітосанітарного стану ґрунту [158]. Ця культура забезпечує кілька екологічних переваг, які важко переоцінити [161]. По-перше, включення пшениці диверсифікує дохід і зменшує залежність від нестабільних ринків кукурудзи і сої, а також забезпечує вторинний потік доходу від продажу соломи. Крім цього, як культура, що висівається восени, пшениця дає можливість подвійного або естафетного посіву, що означає, що фермери можуть збирати дві товарні культури протягом одного року [164].

Дослідження показали [165], що включення пшениці в сівозміну може збільшити врожайність наступної сої на 5 %. Озимі культури покращують біологічну активність ґрунту, зменшують ерозію та підвищують стабільність агрегатів [166]. Як наслідок, культури, висаджені восени, можуть зменшити змивання фосфору, пов'язаного з твердими частинками, і вимивання нітратів [167].

Азотні добрива є ще одним засобом, яким аграрії вдаються для підвищення врожайності зерна [168]. Поточна рекомендована норма азоту базується на очікуваній урожайності та змінюється від 80 до 130 кг/га [169]. Проте в виробництві рекомендовану дозу часто збільшують. Крім цього, немає єдиної думки щодо оптимальних строків застосування азотних добрив під озимину як у дослідників, так і практиків [170].

За останні 50 років широке використання хімічних добрив значною мірою сприяло величезному збільшенню світового виробництва продуктів харчування, а сучасне сільське господарство нагодує 6000 мільйонів людей [198, 202]. Широке використання різноманітних хімічних добрив у високопродуктивному сільськогосподарському виробництві з високими затратами призводить до низької ефективності використання ресурсів і низки екологічних проблем, включаючи евтрофікацію водних організмів, забруднення ґрунтових вод, деградацію ґрунтів і викиди парникових газів [203, 26].

Певна кількість хімічних добрив може забезпечити високий урожай зерна, але врожайність зерна швидко знижується, якщо кількість хімічних засобів буде перевищувати оптимальні дози [47, 199]. Хоча добрива є невід'ємною частиною сільськогосподарського виробництва, надмірне внесення добрив призводить до їх втрати [44, 118]. Водночас, накопичення поживних речовин у ґрунті та неефективне використання добрив може спричинити негативні явища в навколишньому природному середовищі [50]. Для стабільної продовольчої безпеки необхідно визначити баланс складових живлення в ґрунті, який забезпечував би формування високого рівня врожайності без негативного впливу на біоценоз [45].

У багатьох країнах існують проблеми нерівномірного розподілу та низького рівня використання добрив в основних районах вирощування пшениці [178]. Азот є першою складовою, яка обмежує врожайність пшениці, потім йдуть фосфор і калій. Застосування азоту, яке відповідає, але не перевищує вимоги культур до азоту, має вирішальне значення для досягнення максимального врожаю їжі та мінімізації екологічних ризиків [76]. Виробництво зернових також значною мірою залежить від застосування фосфорних добрив для досягнення продовольчої безпеки, наприклад, фосфорне живлення рослин покращує врожайність за рахунок збільшення формування фертильних колосів у пшениці [204].

Результати показали, що температура та висока концентрація викидів були основними факторами, які впливають на врожайність сільськогосподарських культур в умовах майбутніх змін клімату [138]. Очікується, що підвищення температури, прогнозоване з 2021 до 2100 р., скоротить фенологічний період пшениці озимої на 2–16 діб і знизить урожайність зерна на 2,9–12,7 % порівняно з періодом з 1981 до 2020 рік. Навпаки, щільність довжини коренів та їх маса в рослин пшениці озимої збільшилася б на 1,2–10,9 % і 0,2–24,1 % відповідно [43]. Тому в умовах забезпечення формування стабільного рівня врожаю за різних погодних умов доцільно визначити баланс складових живлення в ґрунті. При цьому

для пшениці озимої цей захід є важливим, оскільки ця культура займає великі площі посіву.

1.2 Вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин

Пшениця м'яка основна сільськогосподарська культура в багатьох країнах світу, а також головна зернова сировина Правобережного Лісостепу [32]. Саме тому на створення сприятливих умов для одержання її високих врожаїв має бути спрямовано систему агротехнічних заходів [40]. Застосування добрив, завдяки якому досягають значного збільшення продуктивності вказаної культури, один з основних складників технології вирощування, що нерозривно пов'язаний із процесом інтенсифікації виробництва зерна [41].

Врожайність зерна безпосередньо залежить від різних складових її структури: від кількості продуктивних стебел на 50 %, чисельності зерен в одному колосі на 25 %, маси 1000 зерен на 25 % [72]. Дослідження з формування структури врожаю дадуть змогу цілеспрямовано впливати на продуктивність рослин через встановлення норми висіву у процесі застосування різних видів добрив [75]. Внаслідок цього низьку продуктивність колоса можна буде компенсувати збільшенням кількості рослин і навпаки [123].

Вивчення складових структури урожайності будь-якої сільськогосподарської культури дозволяє встановити закономірності її формування [171]. Їх аналіз необхідний для контролю стану рослин і можливості цілеспрямованого впливу на формування певних складових структури врожаю. Встановлення впливу на врожайність окремих складових її структури має також практичне значення при коригуванні програм селектованих культур [172]. Головними компонентами структури врожаю пшениці м'якої озимої є кількість продуктивних стебел на одиниці площі та продуктивність колоса.

Відомо, що для будь-якої агрокліматичної зони характерний певний рівень вираження складових структури урожаю пшениці м'якої озимої [173]. Навіть за наявності загальних тенденцій в формуванні складових структури пшениці м'якої озимої в тому чи іншому регіоні завжди будуть змінюватись залежно від сорту [174]. Не всі сорти однаково проявляють себе в одних і тих же умовах вирощування, тому реалізація їх генетично обумовленого врожайного потенціалу може відбуватися через різні складові його елементи [176].

Встановлено позитивну кореляцію між висотою рослини і довжиною останнього міжвузля ($r=0,72$). Встановлено, що довжина верхнього міжвузля займає близько 40 % від загальної довжини стебла [177]. Виявлено позитивний кореляційний зв'язок між масою насіння на рослину та продуктивним кущінням ($r=0,81$). Кореляція між кількістю зерен у колосі та масою зерна в колосі, кількістю колосків у колосі та масою зерна в колосі й масою зерна в колосі та з рослини становить відповідно 0,86, 0,83 і 0,76. Помірний кореляційний зв'язок існує між масою зерна з основного колосу та з решти стебел і кореляцією між довжиною колоса та маса насіння в колосі ($r=0,45$ і $r=0,36$). Встановлено від'ємний кореляційний зв'язок між масою зерна з рослини і масою 1000 зерен $r=-0,51$ [180].

Найменшими значеннями міжсортних і внутрішньосортних коефіцієнтів варіації з складових структури колоса характеризуються показники маса 1000 зерен і число колосків у колосі, найбільшими кількість нерозвинених колосків у колосі. 1000 зерен ($r = 0,49-0,73$) [179]. Реалізація потенційної продуктивності головного колосу становить 26,8 %. Сильний і середній ступінь внутрішньосортної і міжсортної мінливості показника продуктивності головного колосу озимої м'якої пшениці свідчать про можливий резерв її збільшення [181]. Важливим при цьому є підбір сортів і технологій, що сприяють найбільш повній реалізації продукційних можливостей культури в конкретних умовах середовища

[183].

Між висотою рослин пшениці та зимостійкістю встановлено позитивні кореляційні зв'язки. Підвищення зимостійкості рослин на 1 бал зумовлює збільшення їх висоти на 27 см. Частка висоти рослин пшениці в формуванні зимостійкості становить 50–55 % [185].

За результатами досліджень про взаємозв'язок між урожайністю зерна та деякими компонентами врожайності можна зробити наступний висновок: встановлено середню позитивну кореляцію між урожайністю зерна та кількістю рослин на 1 м² $r = 0,47$, сильну кореляцію між урожайністю зерна та кількістю колосків на 1 м² $r = 0,55$, слабку кореляцію ($r = 0,24$) встановлено між урожайністю зерна та продуктивним кущінням, сильна позитивна кореляція ($r = 0,51$) між кількістю колосків на квадратний метр і продуктивним кущінням, а також між кількістю рослин на квадратний метр та кількістю колосків на квадратний метр $r = 0,68$, дуже слабка негативна кореляція ($r = -0,12$) між продуктивним кущінням і кількістю рослин на 1 м², регресійні рівняння врожайності зерна та інших досліджуваних ознак на рівні значущості 5 % і 1 % мають лінійну форму [184].

При збільшенні однієї рослини на 1 м², кількості колосків на одному стеблі, продуктивного кущіння на одиницю, урожайність зерна збільшиться в середньому на 0,006 т/га, 0,005 і 1,174 т/га. За рахунок підвищення продуктивного кущіння кількість рослин на 1 м² зменшується в середньому на 47,6 шт. [187].

Застосування добрив підвищує врожайність та змінює елементи продуктивності рослин [6]. Так, у процесі вирощування сорту 'Кольчуга' завдяки внесенню N₃₀P₃₀ вдалося збільшити кількість зерен з одного колоса від 24,9 до 27,0 шт., а їхню масу від 0,88 до 1,00 г [59]. Поліпшено вказані показники за такої системи удобрень і в сорту 'Заможність' від 27,5 до 29,5 шт. і від 1,02 до 1,15 г відповідно.

Використання N₉₀P₆₀K₆₀ у дослідженні [56] сприяло збільшенню всіх

складових структури врожаю. Зокрема, кількості продуктивних стебел від 418 (контроль) до 530 шт./м², маси зерна в одному колосі від 0,99 до 1,68 г. Подібну тенденцію (зміну чисельності продуктивних стебел за поліпшених умов вирощування від 838 до 932 шт./м², зерен від 30,0 до 34,0 шт.) описано й у публікації [16].

Автори [28] зазначають, що вплив азотних добрив на формування складових продуктивності рослин і структури врожаю є неоднозначним та різниться залежно від сортових особливостей. Так, кількість продуктивних стебел у низьковрожайних сортів збільшувалася від 512 (N₆₀) до 609 шт./м² (N₁₂₀), у високоврожайних від 530 до 606 шт./м². Водночас маса зерна з одного колоса в низьковрожайних сортів майже не змінювалася і становила 0,77 г, а у високоврожайних зростала лише від 1,41 до 1,42 г (у менш сприятливому за погодними умовами році знижувалася від 1,64 до 1,33 г).

Встановлено, що оптимальна висота рослин сортів озимої пшениці коливалася в межах 94,9–100,7 см, за якої формується найвищий урожай зерна, від 7,09 т/га у сорту Сталева до 7,73 т/га у сорту Дума Одеська. Збільшення висоти досліджуваних сортів озимої пшениці на 4,0–6,4 % призвело до зниження врожайності з 4,5 до 20,9 %. Встановлено, що остисті сорти пшениці м'якої озимої формували більший урожай зерна, порівняно з безостими формами, які мали більшу висоту рослин і меншу стійкість до вилягання. Проведені дослідження підтвердили, що в середньому стійкість до вилягання була вищою у безостих форм рослин пшениці озимої, що на 0,4 бала вище, ніж в остистих. Вищий середній урожай зерна пшениці м'якої озимої формували сорти остистих форм, що на 5,8 % більше, ніж у безостих сортів [32].

1.3 Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від удобрення

Нині внесення добрив є однією з найважливіших частин агротехнологій [82]. Тривале внесення добрив підвищує радіоактивність ґрунту за рахунок вмісту ^{40}K і ^{226}Ra , однак це випромінювання є безпечним для здоров'я людини [83, 126]. Крім того, внесення добрив покращує якість зерна, що важливо для виробництва високоякісної продукції [84].

Проблема родючості ґрунтів в Україні залишається гострою через значні площі розораності, різке збільшення кількості землевласників та землекористувачів, які не дотримуються науково обґрунтованої сівозміни та обробітку ґрунту, що призводить до деградаційних процесів: зневоднення, переущільнення, ерозії [87]. Крім того, економічна криза спричинила значне зниження рівня використання мінеральних добрив, що загострює проблему збереження родючості ґрунтів [127].

Тому постає питання розробки таких систем удобрення для різних ґрунтово-кліматичних умов, які забезпечують високу продуктивність рослин з одночасним відновленням родючості ґрунту. Тому виникає необхідність розробки енергозберігаючих та економічно ефективних систем удобрення з високим екологічним ефектом, застосування яких було б доцільним не лише для великих успішних, але й малих фермерських господарств [89].

Ефективність застосування органічних і мінеральних добрив під польові культури на чорноземах досліджували в попередніх роботах [91]. Проте ці досліді проводили, як правило, в різних ґрунтово-кліматичних умовах, за різної структури 8–12-пільних сівозмін і з виносом соломи з поля для потреб тваринництва та за низького рівня врожайності сільськогосподарських культур.

Нині більшість господарств займаються рослинництвом, тому в кругообігу поживних речовин гній відсутній. Їх спеціалізація, зміна

структури посівних площ, природоохоронні аспекти впливають на інтенсивність і підходи до системи удобрення сільськогосподарських культур [130]. Серед заходів, спрямованих на досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів в Україні, першочергове значення має застосування агротехнологій, що забезпечують відновлення родючості ґрунтів та запобігають забрудненню [92].

Особливо важливо встановити регіональні параметри балансу поживних речовин з урахуванням типу сівозмін і рівня їх продуктивності та оптимального насичення ріллі органічними і мінеральними добривами. Ефективність використання добрив залежить в першу чергу від їх доз внесення [93]. При розрахунку оптимальної норми внесення добрив слід звертати увагу на біологічні властивості посівів і планований рівень урожайності, погодні умови і родючість ґрунту, рівень агротехніки, послідовність культур у сівозміні та її насиченість добривами, форми удобрення, спосіб і строки їх внесення та інші фактори. Тому визначення доз добрив є одним із складних питань сучасної агрономічної науки і практики [94, 134]. Крім того, встановлено, що досягти високої врожайності сільськогосподарських культур можна як за регулярного внесення добрив, так і за рахунок внесення значно менших доз добрив, що можна пояснити післядією добрив, внесених під попередні культури в сівозміні [162].

Розрахунок балансу поживних речовин дає змогу встановити спрямованість процесів у системі ґрунт-добриво-рослина, визначити її складові, надлишок чи дефіцит окремих складових живлення рослин [135]. Проведення таких досліджень у динаміці дає змогу розробити рекомендації щодо планового регулювання балансу поживних речовин і гумусу в ґрунті [95]. За позитивного балансу поживних речовин важливо враховувати необхідність підвищення родючості ґрунтів, а також загрозу забруднення ґрунтів і джерел води [96].

У довідниках і спеціальних виданнях наводяться дані про витрати

складових живлення на формування товарної продукції та відповідну кількість нетоварної продукції, за якими можна визначити загальну потребу культури в елементах живлення для формування планової врожайності [100]. Однак відносне винесення поживних речовин навіть в одній культурі значно змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов, величини врожаю, співвідношення між товарною та нетоварною продукцією в урожаї, якості врожаю, особливостей сортів і гібридів [102].

Вважається, що для проведення балансових розрахунків, коли нетоварна продукція не вилучається з поля, доцільно використовувати показник виносу калію тільки основною продукцією [136]. Для розрахунку доз добрив під планову врожайність доцільно використовувати дані про витрати калію на формування одиниці основної продукції з урахуванням необхідної кількості нетоварної продукції [103]. Це можна пояснити тим, що потреба рослин у калії може бути забезпечена за рахунок запасів підзорних шарів ґрунту до 50 % [121].

Зерно пшениці м'якої основна сировина для виробництва високоякісних зернопродуктів [200]. За даними Євростату [29] валове виробництво зерна пшениці м'якої в світі становить близько 765 млн т. Оптимальна доза добрив, що використовують при вирощуванні пшениці м'якої повинна враховувати біологічні особливості сорту і очікуваний рівень її урожайності, погодні умови і родючість ґрунту, рівень агротехнології, розміщення культур у сівозміні, насичення її добривами та інші чинники [120].

Продуктивність сільськогосподарських культур є мінливим й інтегральним показником їх життєдіяльності, в якому відображається їх генетичний потенціал, родючість ґрунту, погодні умови й технології вирощування [15]. Одним із найсильніших чинників, який впливає на збільшення врожайності та поліпшення якості зерна є застосування добрив за сприятливих погодних умов [125].

У системі удобрення пшениці озимої застосовують, зазвичай, азотні,

фосфорні, калійні добрива [48], мікродобрива та цілу низку органічних і органо-мінеральних препаратів [9]. Проте найвищий вплив на формування продуктивності пшениці має використання азотних добрив.

У дослідженнях [7] встановлено, що ефективність застосування добрив значно змінювалась залежно від сорту пшениці озимої. При цьому ефективною була доза $N_{150}P_{120}K_{90}$. Так, за такого сценарію удобрення цей показник у сорту Грома збільшувався від 4,5 до 7,9 т/га, а в сорту Безоста 100 від 4,0 до 6,8 т/га. У роботі [63] ефективним було застосування $N_{135}P_{20}K_{65}$. Урожайність зерна пшениці озимої становила 4,5 т/га, вміст білка зростав до 13,4 %. Проте такі дози добрив не можна рекомендувати для Правобережного Лісостепу, оскільки ефективність їх вивчалась в інших ґрунтово-кліматичних умовах.

Необхідно відзначити, що ефективність застосування добрив також значно залежить від погодних умов. Так, за період 1985–2020 рр. на ділянках без добрив урожайність зерна змінювалась від 0,7 до 2,9 т/га. За органічної системи удобрення (75 т/га) цей показник становив 1,3–6,8 т/га, мінеральної ($N_{120}P_{26}$) 2,3–7,0, органо-мінеральної ($N_{120}P_{26}$ + 75 т/га гною) 1,3–7,8 т/га. Крім цього, достовірність прогнозування впливу складових погодних умов на врожайність зерна був низьким, оскільки $R^2=0,22-0,45$ [79]. Отже, різні системи удобрення мали майже однакову ефективність щодо формування урожайності зерна пшениці озимої.

Слід відзначити, що тривале застосування добрив має перевагу порівняно з короткотривалим. За тривалого застосування добрив невисокими дозами може мати ефективність на рівні короткотривалого внесення високих доз. Це явище зумовлено післядією добрив, внесених під попередні культури сівозміни [68].

Внесення мінеральних добрив не лише позитивно впливає на підвищення врожайності пшениці, але й істотно покращує якість зерна [66]. Різні елементи живлення рослин неоднаково впливають на вміст білка в зерні. Мінеральна система удобрення, яка включала азотну складову

найбільше впливала на формування вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої. Так, у дослідженні [61] встановлено, що вміст білка зростав від 11,1 % у варіанті без добрив до 11,7 % за внесення повного мінерального добрива. Автори зазначають значне коливання вмісту білка від погодних умов від 10,5 до 12,4 %.

Сучасні сорти пшениці озимої здатні формувати більш високий урожай зерна. Для підвищення в ньому вмісту білка рослини повинні містити більше азоту. Вони переважно низькорослі і мають менше відношення між вегетативною масою й зерном, ніж у високостеблових сортів. Тому можливості накопичення в них азоту обмежені. Отже, без достатнього рівня азотного живлення наприкінці вегетації вони не можуть сформувати високоякісного зерна навіть за максимально можливого накопичення його у вегетативних органах [119].

Встановлено, що на ефективність добрив впливають особливості сорту, оскільки поглинання складових живлення визначається генетичними особливостями [55]. Так, маса 1000 зерен у більшості випадків знижувалась не тільки від дози азотних добрив, а й від строків їх внесення. Разом з тим є дані про позитивний вплив азотних добрив на масу 1000 зерен. Так, Л. М. Кононюк [175] встановлено, що маса 1000 зерен збільшувалась від 38,1 г до 40,4 г у варіанті дослідів $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VII)}$ за вирощування сорту Артеміда і від 39,2 г до 41,1 г у сорту Єрмак. Проте найбільша маса 1000 зерен формувалась за внесення $P_{135}K_{135} + N_{60(II)} + N_{75(IV)} + N_{45(VII)}$ у сорту Артеміда 42,5 г, а в сорту Єрмак 42,0 г.

Азотні добрива зазвичай знижують натуру зерна, проте інколи відмічався позитивний вплив азотних підживлень на величину цього показника [154]. Вони також негативно впливають на частку зерна крупної фракції в урожаї [132], зменшують масу 1000 зерен і натуру зерна, знижують його вирівняність [60]. Від рівня азотного живлення залежить показник склоподібності зерна і за дози N_{30-120} підвищується на 10–30 % [86], а за даними досліджень І. М. Пархуця [209] вона зростала від 58 % до

64 % за внесення 20 т/га гною і до 68 % за внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$.

Оптимальне забезпечення вологою передусім позитивно впливає на фізичні показники якості масу 1000 зерен і натуру зерна [69, 197]. Так, за посушливих умов цей показник був на 7,4–8,0 г меншим порівняно з достатньо зволженими [155]. Під впливом гідротермічних умов формування маси 1000 зерен може змінюватися на 10 пунктів [34].

Вчені [73, 57, 196, 54] зазначають, що внесення добрив сприяло поліпшенню показників якості зерна. Так, застосування мінеральних добрив підвищувало масу 1000 зерен, натуру зерна та склоподібність відповідно на 7, 9 і 8 % за $ГТК > 1$ і, незалежно від погодних умов, підвищувало вміст білка в зерні та клейковини, але при цьому немає однозначного впливу на якість клейковини зерна пшениці озимої. За посушливіших умов року ($ГТК = 0,38–0,40$) середня за варіантами удобрення маса 1000 зерен у 1,9 раза нижча порівняно з вологими ($ГТК = 1,70–2,02$), а в умовах з дефіцитом вологи лише на 15 %. Рівень вмісту білка за вологих умов року на 19 % нижче середнього показника порівняно з сухими, вміст клейковини на 31 %, а її якість краща, бо її середня пружність за дощових умов року складала в середньому 71,5 од. п. проти 114,6 од. п. ВДК порівняно з сухим вегетаційним періодом.

Вміст білка зерна є основним показником якості зерна пшениці, на який впливає азотне та сірчане живлення. Ці макроелементи будують блоки білків. Азотне добриво збільшує вміст білка в зерні, тоді як сірчані добрива впливають на склад білка [195]. Через недостатнє надходження сірки пшениця не здатна досягти свого повного потенціалу врожайності і використання азоту для синтезу білка може бути зменшено. Через те, що кількість населення збільшується, і, як наслідок, споживання продуктів харчування також підвищується, виробництво сільськогосподарських культур має бути інтенсифіковано приблизно на 70 % до 2050 року та подвоєне або потроєне до 2100 року для забезпечення продовольчої безпеки людей. Вивчення можливостей збільшення виробництва рослин та

ефективного використання азотних добрив без загрози для навколишнього природного середовища є важливою областю дослідження [193].

Вміст білка в зерні пшениці озимої у надмірно дощовий період вегетації можна пояснити втратою легкорозчинних фракцій (альбумінів і глобулінів) під час проростання зародку та вимиванням цих фракцій з інших частин зерна. Підвищення ферментативної активності при цьому прямо пропорційно впливає на ступінь гідролізу білка, зменшення відношення азоту до вуглеводів у вегетативних і генеративних органах рослини [4].

У середньому за 2007–2017 рр. у межах кожного з блоків мінеральних добрив маса 1000 зерен зменшувалася з підвищенням дози азотних добрив, проте різниця між варіантами була не істотною. Спостерігалось достовірне поліпшення показника склоподібності за внесення N_{180} , $N_{180}P_{30}K_{30}$ і $N_{180}P_{60}K_{60}$ відповідно на 11,3, 14,1 і 11,1 % [24].

Вважається, що для формування оптимального вмісту білка в зерні пшениці в умовах достатнього забезпечення вологою необхідно поліпшувати азотний режим живлення [156, 194]. Так, за теплих умов з достатньою забезпеченістю вологою вміст білка в зерні пшениці озимої зростав від 9,7 % до 13,2 % у варіанті застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив, за прохолодніших умов з достатнім зволоженням від 12,2 до 13,9 %, а за холодних з дефіцитом вологи від 12,5 до 14,9 %. Подібно змінювався амінокислотний склад зерна [157].

Отже, застосування азотних добрив знижує негативний вплив складових погоди на вміст білка в зерні пшениці озимої. Крім цього, вплив добрив змінюється від селекційно-генетичних особливостей сорту, що зумовлює необхідність проведення досліджень.

Вплив погодних умов вегетаційного періоду та особливості сорту мають вирішальне значення в стратегії системи удобрення пшениці м'якої озимої. Нині встановлено, що селекційно-генетичні особливості сорту пшениці м'якої озимої мають вищий вплив на формування продуктивності

порівняно з погодними умовами. Підтверджено формування вищого вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої за посушливих погодних умов [53]. Крім цього, якість зерна один із чинників, що визначає напрямок його перероблення [140]. Від вмісту клейковини залежать хлібопекарські та кондитерські властивості, а від вмісту білка біологічна цінність готового продукту. Використання добрив у виробництві продукції рослинництва зростатиме, оскільки збільшується населення. Прогнозують, що до 2100 року населення буде становити 11,2 мільярди людей [33].

Відомо, що ефективність застосування добрив залежить від типу ґрунту, його властивостей і поживного режиму, погодних умов вегетаційного періоду, реакції сорту тощо [62]. Встановлено, що врожайність пшениці м'якої озимої за внесення 120 кг/га д. р. азотних добрив змінювалась від 7,3 до 9,4 т/га, а вміст білка від 11,9 до 14,9 % залежно від погодних умов. При цьому чим більшою була врожайність зерна, тим нижчим був вміст білка [64]. Серед чинників, що впливають на врожайність, погодні умови найбільша змінна, від якої залежить ефективність удобрення [67, 31].

Створення сортів пшениці з високою здатністю до накопичення азоту на початку вегетації та дефіцит вологи у період активного росту рослин дають можливість застосовувати високі дози азотних добрив одноразово [25]. Дослідження [22] підтверджують такий висновок. Крім цього, негативний вплив азотних добрив може проявлятися лише за умови високого вмісту азоту мінеральних сполук у ґрунті [23].

У середньому в економічно розвинених країнах доза азотних добрив в агротехнології пшениці зросла від 46,3 кг/га в 2002 р. до 61,2 кг/га в 2015 р. Валове виробництво зерна збільшилось відповідно від 592 до 737 млн т, а вміст білка від 12,6 до 15,7 % [58]. Проте низка вчених відзначають можливість застосування вищих доз азотних добрив [19]. У дослідженнях R. P. Lollato та ін. [49] ефективним було застосування 100–150 кг/га д. р., а в інших вчених [17] 50–75 кг/га д. р. азотних добрив. Така

різниця зумовлена різним забезпеченням ґрунту вологою. Проте дефіцит вологи не завжди зменшує продуктивність пшениці м'якої озимої. Внесення N_{60-80} забезпечує збільшення врожайності та вмісту білка в зерні порівняно з неудобреними ділянками [11].

В умовах Правобережного Лісостепу України вчені рекомендують застосовувати не більш як 150 кг/га д. р. азотних добрив. У системі удобрення пшениці м'якої озимої частка азотних добрив повинна бути більшою вдвічі [139, 190].

Даних щодо продуктивності короткострокових польових сівозмін на чорноземах залежно від рівня удобрення недостатньо. Тому актуальність дослідження очевидна. Збільшується частка кожної культури в короткострокових сівозмінах, що впливає на використання поживних речовин ґрунту та добрив. Загальноприйняте правило про те, що чим вищі норми добрив, тим вищі врожаї культур, в умовах енергетичної кризи не є актуальним. Більш детальне визначення кількісних особливостей балансу в системі ґрунт-добриво-рослина є актуальним у різних ґрунтово-кліматичних умовах з урахуванням доз добрив і поєднання складових живлення в них з метою розробки практичних рекомендацій щодо оптимізації поживного режиму ґрунту, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і захисту навколишнього середовища.

Аналіз наукової літератури підтверджує важливу роль застосування азотних добрив в агротехнології пшениці м'якої озимої. Встановлено велике коливання їх ефективності залежно від погодних умов, сорту та варіантів удобрення. Проте, такі дослідження, зазвичай, акцентовані, переважно на вивченні ефективності азотних добрив, що негативно впливає на баланс рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті. Крім цього, подібні дослідження проводили у короткотривалих дослідах, що не дає можливості встановити реальну продуктивність пшениці м'якої озимої за різної родючості ґрунту.

Тому аналіз інформації, що отримані в стаціонарних дослідах

стосовно закономірностей впливу систем удобрення з різним поверненням складових живлення дасть можливість розробити і втілити у практику системи застосування добрив, що побудовані на засадах охорони ґрунтових ресурсів, посилення процесів саморегуляції, відновлення сталого функціонування агроєкосистем. У поширених нині короткоротаційних сівозмінах зі значним насиченням зерновими культурами вплив попередників і систем удобрення на врожай та якість зерна пшениці м'якої озимої вивчений недостатньо.

Результати розділу висвітлено в працях [38, 110].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Дослідження проводили у стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва впродовж 2020–2022 рр. «Агрохімічна ефективність різного співвідношення видів мінеральних добрив у зерно-просапній сівозміні» (атестат НААН № 87) [143]. Рельєф дослідного поля, де проводилися польові досліді, являє собою вирівняне, підвищене плато вододілу з пологими 2–3° схилами південно-східної та північно-західної експозицій. Підземні води залягають на глибині 22–24 м, тому вони не впливають на властивості і будову ґрунту [144].

Ґрунт під тривалим дослідом – чорнозем опідзолений важкосуглинкового гранулометричного складу. Ґрунтоутворювальна порода – лес. Вміст гумусу в ґрунті середній – 3,8 %, але він має низьку здатність забезпечувати рослини азотом, про що свідчить вміст легкогідролізованих сполук – 105 мг/кг (за методом Корнфілда). Він також має підвищену здатність забезпечувати рослини фосфором і високу – калієм, про що свідчить вміст у ньому рухомих їх сполук, визначених за методом Чирикова (екстракція 0,5 м CH_3COOH) – відповідно 106 мг/кг і 132 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину за показником pH_{KCl} слабкокисла – 5,7.

У Лісостепу чорноземи опідзолені поширені на значній площі 2,02 млн га, з них значну частину займають орні площі – 1,75 млн га, тобто розораність становить майже 87 %. Для профілю цього підтипу чорнозему характерне поєднання генетичних ознак, що притаманні темно-сірому лісовому ґрунту і чорнозему типовому [145].

Чорнозем опідзолений має середні запаси органічної речовини у

гумусовому горизонті, а також характеризується відносно глибоким заляганням карбонатів, тому вони не завжди можуть підніматися до гумусового горизонту. Цим пояснюється періодичне проявлення дефіциту кальцію в ґрунтовому розчині, а також формуванням слабкокислої реакції ґрунтового розчину у верхньому шарі ґрунту. Тому за сучасною міжнародною класифікацією FAO/WRB (2022) цей ґрунт має назву Phaeosems) [146]. У ньому горизонт calcic відсутній.

Гранулометричний склад чорнозему опідзоленого залежить від територіального розміщення. На водорозділах, незалежно від материнської породи, у північній частині зони він суглинковий і крупнопилювато-важкосуглинковий, у середній смузі поширення – крупнопилюватий. На межі зі Степом, тобто в південній частині, – від важкосуглинкового та навіть легкоглинистого гранулометричного складу.

Як уже зазначалося вище, характерною особливістю цього підтипу чорнозему є залягання карбонатів на значній глибині, тобто нижче гумусового горизонту. Ґрунтовий профіль з урахуванням горизонту R(h)k завтовшки 140–160 см. Будова ґрунту має помірну щільність. Гранулометричний склад за профілем однорідний. Ґрунт має високу ступінь насиченості основами (87–97 %), що забезпечує йому середньокислу реакцією ґрунтового розчину. Потенційна кислотність чорнозему опідзоленого залежно від географічного розміщення та антропогенного впливу змінюється в широких межах – від 1,8 до 4,2 смоль/кг. Це свідчить про необхідність його періодичного вапнування. Ємність катіонного обміну у верхньому горизонті ґрунту висока – 29–32 смоль/кг.

Глибина залягання ґрунтових вод у регіоні поширення чорноземів опідзолених 5–25 м зі збільшенням на південь. Сезонні зміни цього рівня у Лісостепу можуть змінюватися в межах 1,3–1,8 м. Вважається, що ґрунтові води з такої глибини не можуть істотно впливати на ґрунтоутворювальні процеси та поглинатися сільськогосподарськими культурами.

У Правобережному Лісостепу усі пори року зазвичай виражені чітко, хоч і можуть бути певні відхилення. Весняний сезон настає з переходом середньодобової температури повітря через 0 °C. Це проходить зазвичай швидко. Весна триває впродовж двох місяців. Сніговий покрив тане поступово, тому інтенсивного та значного стікання талих вод не спостерігається. Це сприяє поглинанню талих вод ґрунтом і накопиченню вологи у нижніх його горизонтах профілю.

За переходу середньодобової температури повітря через 15 °C настає літній період і триває до середини вересня. Він характеризується високими і стійкими температурами, що забезпечує середню температуру 19 °C, проте в окремі роки можливі відхилення від 17 і до 22 °C. Тепла та відносно волога погода сприяє проходженню вегетації сільськогосподарських культур помірного поясу. В окремі роки спостерігаються літні посухи. Вони, поряд з високими температурами повітря, спричиняють зменшення запасів вологи завдяки атмосферним опадам і призводить до значних втрат ґрунтових запасів вологи. Влітку можуть також спостерігатися інтенсивні зливові дощі, значна частина води яких не встигають поглинатися ґрунтом. Це викликає проявлення ерозійних процесів через формування значних поверхневих стоків.

З пониженням температури повітря настає осінь. Зазвичай осінній період сонячний, теплий і може бути тривалим. Із середини жовтня середньодобова температура повітря зазвичай знижується до 10–5 °C. У кінці жовтня встановлюється хмура погода, що супроводжується дощами. Пізньою осінню спостерігається мінлива температура, періодично випадають дощ і мокрий сніг. Це сприяє накопиченню ґрунтових запасів вологи. Підвищення вологості ґрунту сприяє зменшенню щільності ґрунту та підвищенню його пористості.

Зимовий період порівняно теплий, зазвичай з хмарною погодою та періодичними відлигами. Під час відлиг температура може підвищуватися до 10–12 °C. Це зумовлює розмерзання ґрунту та поглинання ним талих

вод [147]. У найхолодніший її період зими середньодобова температура повітря може знижуватися до $-5...-7^{\circ}\text{C}$.

Погодні умови у роки дослідження були такими: у 2020 р. випало 479 мм опадів, що було на 25 % менше порівняно з середнім багаторічним показником (табл. 2.1). Температура повітря була вищою порівняно з середньою багаторічною і 2021 р. Кількість опадів у 2021 р. була більшою порівняно з 2020 р. – 655,7 мм, а в 2022 р. – 452,0 мм. Температура повітря була в межах середньої багаторічної, проте розподіл опадів був різним. Так, у 2020 р. за вегетаційний період пшениці м'якої озимої випало лише 187,5 мм опадів, що в 1,5 рази менше порівняно з 2021 р. (281,7 мм), а в 2022 р. – 280,3 мм.

Таблиця 2.1

Погодні умови у роки проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

Сільськогоспо- дарський рік	Всього за рік/ середн є за рік	Місяць											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сума опадів, мм													
Середньобаторічна	586,0	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2019/2020	415,4	10,3	14,0	45,7	12,7	50,5	23,9	21,0	101,0	70,4	21,4	17,1	27,4
2020/2021	655,7	81,5	19,4	32,6	59,7	43,2	32,4	49,9	56,4	107,7	89,8	69,9	16,2
2021/2022	452,0	7,0	21,2	91,2	23,9	7,2	13,4	57,7	22,4	36,3	28,1	44,4	99,2
Середня температура повітря, °С													
Середньобаторічна	8,8	8,3	2,8	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5
2019/2020	10,4	10,0	5,5	2,2	-4,7	0,5	4,5	9,6	17,0	23,4	20,0	20,7	15,6
2020/2021	9,2	12,7	3,7	0,0	-2,3	-3,8	2,0	7,4	14,0	19,8	23,2	20,3	13,0
2021/2022	10,5	19,8	4,7	-1,0	-1,3	1,8	2,0	8,6	14,5	20,5	21,0	21,8	13,1
Відносна вологість повітря, %													
Середньобаторічна	78	81	87	88	85	84	81	70	67	72	73	73	75
2019/2020	72	80	84	88	85	78	65	46	73	70	64	59	62
2020/2021	79	83	88	93	89	83	77	71	73	73	71	71	74
2021/2022	73	70	85	88	80	76	67	68	59	64	63	71	79

Необхідно відзначити, що за сівби пшениці м'якої озимої в 2019 р. сходи отримано 20.01.2020. У 2020 р. рослини зимували у фазу виходу першого листка з колеоптиля (ВВСН 10), а в 2022 р. – у фазу кущіння, коли бічний пагін був у піхві листка (ВВСН 20). Тому сприятливішими для формування найбільшої врожайності були погодні умови 2022 р.

Внаслідок дефіциту вологи восени 2019 р. сходи пшениці м'якої озимої було отримано в січні 2020 р. Тому врожайність та якість зерна значно змінювались залежно від року дослідження, що детальніше проаналізовано в результатах досліджень.

2.2 Методика проведення досліджень

Дослід має географічні координати за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладений в 2011 р. на дослідному полі Уманського НУС. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки 72 м².

Метою польового дослідів є встановлення ефективності дії різних видів, доз і співвідношень мінеральних добрив на врожайність і якість зерна та насіння польових культур, родючість чорнозему опідзоленого. Схема дослідів включає 11 варіантів комбінацій і окремого внесення мінеральних добрив і, в тому числі, контрольний варіант без удобрення (табл. 2.2).

У варіанті дослідів, де середня доза складових живлення у сівозміні на гектар становить N₁₁₀P₆₀K₈₀, заплановано повне (100 %) компенсування добривами середньорічного господарського їх винесення культурами сівозміни. Схему дослідів складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив. Розміщення варіантів у досліді послідовне.

Розгортання досліду одночасно на чотирьох полях дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 36 м², облікова – 25 м².

Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні (калій хлористий) добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення пшениці озимої. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі.

Таблиця 2.2

Схема досліду

Варіант досліду: середня доза складових живлення в сівозміні (кг д. р/га за рік)	Внесення добрив під культури сівозміни			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

У досліді вивчали сорт і лінію пшениці м'якої озимої. Лінія Пріно

(Уманський НУС) – створено гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Високопродуктивний сортозразок пшениці м'якої озимої (урожайність до 9,0 т/га), ранньостиглий. КВС Еміл (KWS SAAT SE & Co. KGaA) – високопродуктивний пізньостиглий сорт з дуже високою стійкістю до вилягання.

Агротехнологія вирощування пшениці м'якої озимої включала проведення луцення стерні сої у два сліди після її збирання. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – в підживлення в II–III декадах січня. Сівбу проводили у II–III декадах жовтня. У фазу початку виходу рослин у трубку (ВВСН 31) застосовували гербіцид Гранстар® Голд 75 в. г. з фунгіцидом Медісон 26,3 %, к. с. Збирання проводили прямим комбайнуванням у фазу повної стиглості зерна (ВВСН 93).

У дослідженнях ефективність застосування добрив під різні сорти проводили за такими показники:

1. Урожайність визначали поділянково прямим комбайнуванням, показники росту та розвитку, складові структури урожаю – за методикою [153].

2. Вміст білка, клейковини та натуру зерна – методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007 [152].

3. Вміст азоту, фосфору та калію в зерні та соломі – за МВВ 31-497058-019-2005 [206].

4. Господарське винесення основних складових живлення розраховували за методикою [108]. Для спрощення розрахунків балансу складових живлення скоротили кількість статей як у частині надходження, так і їх вилучення. Так, кількість азоту, яка надходить у ґрунт з атмосфери опадами, насінням і фіксується вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до його сумарних витрат від вимивання, ерозії і звітрювання. Сумарну кількість фосфору й калію, що надходять з

атмосфери та з насінням прирівняли до втрат від ерозії і вимивання. Тому, в кінцевому результаті, до прибуткової частини балансу увійшло лише внесення складових живлення з мінеральними добривами.

5. Агрохімічну та енергетичну оцінку визначали відповідно до методики [108].

6. Для розрахунку економічної ефективності використовували ціни 2024 р.

7. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA) і Statistica 12 (StatSoftStatistica Ultimate Academic, Ukraine). Під час проведення дисперсійного аналізу підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта «р», який показував ймовірність відповідної гіпотези. У випадках коли $p < 0,05$ «нульова гіпотеза» спростовувалась, а вплив чинника був достовірним.

8. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку використовували коефіцієнт кореляції (r) за шкалою Чеддока: 0,1 – 0,3 – незначний зв'язок; 0,3 – 0,5 – помірний; 0,5 – 0,7 – істотний; 0,7 – 0,9 – високий; 0,9 – 0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового двофакторного дисперсійного аналізу польового досліджу.

9. Індекс стабільності визначали за формулою

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

3.1 Динаміка висоти рослин

У великих популяціях конкуренція між рослинами зростає, тому їх потрібно зменшити, щоб ефективніше використовувати воду, мінеральні поживні речовини і сонячне світло [78]. Для максимального використання генетичного потенціалу врожайності зерна необхідно визначити оптимальну структуру [65]. Ще однією причиною є те, що постійно створюються нові генотипи пшениці, які відрізняються за висотою стебла, стійкістю до вилягання та інтенсивністю кущіння, розташуванням листків, формою структури і використанням поживних речовин із ґрунту та води, швидкістю фотосинтезу тощо [39]. Оптимальні параметри агрофітоценозу є постійним об'єктом дослідження, оскільки єдиних універсальних доз для всіх сортів встановити не можливо [77].

Результати досліджень свідчать, що азотні добрива найбільше впливали на висоту рослин у період колосіння – молочна стиглість зерна, оскільки у цей період показник найсильніше підвищувався (табл. 3.1). Так, цей показник зростав від 66 до 78 см у 2020 р, від 65 до 82 – у 2021 р та від 61 до 72 см у 2022 р. У сорту КВС Еміл висота рослин мало змінювалась залежно від року дослідження. Найбільше впливало застосування азотної складової порівняно з іншими видами добрив.

Упродовж вегетаційного періоду рослини слабо реагували на застосування добрив. Так, лише в фазу ВВСН 50 цей показник зростав від 43–46 см у варіанті без добрив до 50–52 см за ділянках, що містили азотну складову. У 2022 р. висота в фазу ВВСН 50 достовірно не зростала.

Таблиця 3.1

**Динаміка висоти рослин пшениці м'якої сорту КВС Еміл залежно від
удобрення, см**

Варіант досліджу	Фаза росту рослин			
	ВВСН 22	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93
2020 р.				
Без добрив (контроль)	5,5	24	46	66
N ₇₅	5,5	25	47	70
N ₁₅₀	5,5	26	49	76
P ₆₀ K ₈₀	5,5	24	47	69
N ₁₅₀ K ₈₀	5,4	26	50	76
N ₁₅₀ P ₆₀	5,5	26	49	77
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,5	26	50	72
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,4	26	52	78
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,4	25	51	77
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,5	25	51	78
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,5	26	52	77
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	4
2021 р.				
Без добрив (контроль)	5,0	22	43	65
N ₇₅	5,0	23	45	74
N ₁₅₀	5,0	23	49	79
P ₆₀ K ₈₀	5,0	22	44	68
N ₁₅₀ K ₈₀	5,1	23	50	80
N ₁₅₀ P ₆₀	5,0	23	50	80
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	4,9	23	48	78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,0	24	50	82
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,0	23	50	82
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,0	24	50	81
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,1	24	50	82
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	4
2022 р.				
Без добрив (контроль)	5,4	22	45	61
N ₇₅	5,4	22	45	67
N ₁₅₀	5,4	23	46	70
P ₆₀ K ₈₀	5,4	22	45	64
N ₁₅₀ K ₈₀	5,4	23	46	72
N ₁₅₀ P ₆₀	5,3	23	46	72
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,4	23	46	70
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,4	23	46	73
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,5	22	45	73
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,5	23	45	72
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,4	22	46	72
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	3

Висота рослин пшениці м'якої озимої лінії Пріно була на 5–19 %

більшою порівняно з сортом КВС Еміл залежно від варіанту дослідів та року дослідження (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Динаміка висоти рослин пшениці м'якої лінії Пріно залежно від
удобрення, см**

Варіант дослідів	Фаза росту рослин			
	ВВСН 22	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93
2020 р.				
Без добрив (контроль)	6,0	26	52	71
N ₇₅	6,0	28	52	75
N ₁₅₀	6,0	29	53	80
P ₆₀ K ₈₀	6,0	26	52	73
N ₁₅₀ K ₈₀	6,0	30	54	80
N ₁₅₀ P ₆₀	6,1	30	53	81
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	6,1	29	53	78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	6,0	31	55	82
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	6,0	30	54	82
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	6,0	31	55	81
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	4
2021 р.				
Без добрив (контроль)	5,1	25	45	68
N ₇₅	5,1	26	49	71
N ₁₅₀	5,0	28	51	77
P ₆₀ K ₈₀	5,0	25	47	69
N ₁₅₀ K ₈₀	5,1	28	52	79
N ₁₅₀ P ₆₀	5,1	28	52	79
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,1	28	51	75
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,0	29	52	81
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,0	29	52	81
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,1	28	51	81
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	4
2022 р.				
Без добрив (контроль)	5,6	23	55	65
N ₇₅	5,6	25	64	82
N ₁₅₀	5,7	25	69	84
P ₆₀ K ₈₀	5,5	23	55	67
N ₁₅₀ K ₈₀	5,6	25	69	85
N ₁₅₀ P ₆₀	5,7	25	69	84
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,7	25	66	84
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,7	26	71	87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,6	26	70	86
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,6	25	71	87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,7	25	71	87
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	3

Рослини лінії Пріно слабо реагували на застосування добрив у фазу ВВСН 22, проте висота рослин достовірно зростала впродовж інших періодів. У фазу ВВСН 93 висота рослин зростала від 71 до 80 см або на 27 % у 2020 р, від 68 до 77 см, або на 13 % у 2021 р. та від 65 до 84 см, або на 29 % у 2022 р. за внесення N_{150} . Внесення повного мінерального добрива сприяло збільшенню цього показника, проте недостовірно впродовж усіх років досліджень.

3.2 Формування складових структури урожаю

Встановлено, що сорт пшениці м'якої озимої КВС Еміл формував максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 в усі роки досліджень – 693–948 шт./м² залежно від варіанта досліду (табл. 3.3). Фаза ВВСН 50 у 2020 р. характеризувалася зниженням цього показника до 533–639 шт./м² (або в 1,5–1,6 раза, як порівняти з ВВСН 30); ВВСН 93 – підвищенням від 513 (контрольний варіант, без добрив) до 584–616 шт./м², або на 14–20 % (зі внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив). Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшувало чисельність продуктивних стебел до 588 шт./м², або на 15 % проти контролю; внесення повного мінерального добрива – до 624 шт./м², або на 22 %. Одержані значення у варіантах з азотно-калійною, азотно-фосфорною системами та за неповного повернення фосфорних і калійних добрив майже не відрізнялися від результатів, отриманих після внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$. Це свідчить про сильнішу реакцію пшениці м'якої озимої на використання азотних добрив, як порівняти з фосфорними та калійними. Завдяки поліпшенню умов мінерального живлення більшість стебел були продуктивними (із зерном), а кількість непродуктивних зменшувалася від 19 до 13–18 шт./м² залежно від системи удобрення.

У 2021–2022 рр. сформовано менше, ніж у 2020-му, продуктивних стебел. Чисельність непродуктивних знижувалася у 2021 р. та

збільшувалась від 46 до 51–60 шт./м² у 2022 році.

Таблиця 3.3

**Вплив удобрення на густоту пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл,
шт./м²**

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93		
			1	2	3
2020 р.					
Без добрив (контроль)	845	533	532	513	19
N ₇₅	901	602	601	584	17
N ₁₅₀	942	633	631	616	15
P ₆₀ K ₈₀	861	534	533	515	18
N ₁₅₀ K ₈₀	944	638	637	622	15
N ₁₅₀ P ₆₀	949	641	639	624	15
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	906	605	604	588	16
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	951	639	637	624	13
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	948	640	639	625	14
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	947	639	638	624	14
2021 р.					
Без добрив (контроль)	693	464	462	449	13
N ₇₅	751	533	531	520	11
N ₁₅₀	790	571	568	558	10
P ₆₀ K ₈₀	710	467	464	450	14
N ₁₅₀ K ₈₀	792	569	568	558	10
N ₁₅₀ P ₆₀	798	568	567	557	10
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	756	537	535	524	11
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	799	573	571	562	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	794	570	568	559	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	795	570	567	558	9
2022 р.					
Без добрив (контроль)	766	468	466	420	46
N ₇₅	825	520	518	467	51
N ₁₅₀	858	638	637	580	57
P ₆₀ K ₈₀	766	497	494	446	48
N ₁₅₀ K ₈₀	860	645	643	585	58
N ₁₅₀ P ₆₀	863	645	644	586	58
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	830	547	545	493	52
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	865	654	653	593	60
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	867	646	645	586	59
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	866	646	644	585	59

Примітка. 1 – загальна кількість стебел; 2 – кількість продуктивних стебел; 3 – кількість непродуктивних стебел.

Густота стебел пшениці м'якої озимої лінії Пріно у фазі ВВСН 30 збільшувалася від 457 (без добрив) до 671 шт./м², або на 47 % (повне мінеральне добриво) (табл. 3.4); у ВВСН 50 – зменшувалася до 252–311 шт./м², або в 1,8–2,2 раза проти ВВСН 30. Схожі тенденції внаслідок застосування різних видів і доз добрив спостерігали й для сорту КВС Еміл.

Кількість продуктивних стебел лінії Пріно у фазі ВВСН 93 становила 238 шт./м² (контроль). Після внесення повного мінерального добрива вона зростала до 301 шт./м², або на 26 %. Водночас чисельність непродуктивних стебел зменшувалася з 13 до 9 шт./м².

У 2021 р. завдяки використанню N₁₅₀P₆₀K₈₀ кількість продуктивних стебел вдалося збільшити від 209 (без добрив) до 277 шт./м²; у 2022 р. – від 432 до 613 шт./м². Чисельність непродуктивних стебел за таких умов змінювалась з 7 до 9 шт./м² (2021 р.) і з 59 до 33 шт./м² (2022 р.)

Загалом, фосфорні та калійні добрива без азотних не впливали на кількість стебел у сорту КВС Еміл та лінії Пріно впродовж років досліджень.

Густота стебел пшениці м'якої озимої змінювалася залежно від погодних умов. Так, 2020 і 2021 рр. були несприятливими для кущіння, а тому кількість рослин лінії Пріно, що вижили, становила 235 і 181 шт./м² відповідно. У 2022 р. – 332 шт./м². Показники сорту КВС Еміл мали значення 326 (2020 р.), 264 (2021 р.) та 330 шт./м² (2022 р.). Відповідно лінія Пріно у 2020 та 2021 рр. сформувала менше продуктивних стебел, ніж сорт КВС Еміл. Крім того, у 2022 р., порівнюючи з двома попередніми, зросла чисельність непродуктивних стебел.

Таблиця 3.4

Вплив удобрення на густоту пшениці м'якої озимої лінії Пріно, шт./м²

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93		
			1	2	3
2020 р.					
Без добрив (контроль)	457	252	251	238	13
N ₇₅	613	286	284	272	12
N ₁₅₀	667	297	295	285	10
P ₆₀ K ₈₀	464	250	249	236	13
N ₁₅₀ K ₈₀	665	306	305	295	10
N ₁₅₀ P ₆₀	667	308	306	296	10
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	630	286	285	273	12
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	671	311	310	301	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	668	310	309	299	10
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	672	308	307	297	10
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	669	306	305	295	10
2021 р.					
Без добрив (контроль)	373	219	218	209	9
N ₇₅	531	252	251	243	8
N ₁₅₀	584	273	271	264	7
P ₆₀ K ₈₀	380	219	218	209	9
N ₁₅₀ K ₈₀	581	275	274	267	7
N ₁₅₀ P ₆₀	584	276	274	267	7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	545	264	263	255	8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	587	286	284	277	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	584	278	277	270	7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	591	279	277	270	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	584	280	279	272	7
2022 р.					
Без добрив (контроль)	871	495	491	432	59
N ₇₅	1016	594	591	545	46
N ₁₅₀	1056	614	611	578	33
P ₆₀ K ₈₀	878	501	498	439	59
N ₁₅₀ K ₈₀	1062	627	623	590	33
N ₁₅₀ P ₆₀	1065	627	624	591	33
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	1021	607	604	558	46
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1071	647	646	613	33
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	1069	647	645	612	33
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	1070	647	646	613	33
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	1068	647	645	612	33

Примітка. 1 – загальна кількість стебел; 2 – кількість продуктивних стебел; 3 – кількість непродуктивних стебел.

Обидва культивари сформували максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 2022 року. Водночас лінія Пріно переважала за показниками сорт КВС Еміл. Вище число опадів у фазах ВВСН 40–50 сприяло виживанню більшої кількості продуктивних стебел.

Вченими доведено [16], що реакція пшениці озимої на азотні добрива ліпша, ніж на фосфорні та калійні. Першочергово вона проявляється у збільшенні кількості стебел [80]. Проте, якщо серед них зростає чисельність продуктивних, це по-різному змінює параметри продуктивності колоса.

Середня (за три роки досліджень) маса зерна з одного колоса сорту КВС Еміл у контрольному варіанті становила 1,29 г. За використання 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувалася до 1,39 г, або на 8 % (табл. 3.5); $N_{75}P_{30}K_{40}$ – до 1,47 г, або на 14 %; повного мінерального добрива – до рівня варіанта з $N_{75}P_{30}K_{40}$; N_{150} – до 1,37 г, або на 6 % проти контролю. На фосфорно-калійному фоні цей показник підвищувався до 1,38 г, або на 7 %. Значення у варіантах із неповним поверненням фосфорних і калійних добрив дорівнювали результатам, одержаним за внесення повного мінерального добрива.

Маса зерна з одного колоса сорту КВС Еміл у 2020 і 2021 рр. збільшувалася за всіх систем удобрення; у 2022 р. – за систем із застосуванням 75 кг/га д. р. азотних добрив. Втім використання максимальної дози останніх, навпаки, зменшувало досліджуваний показник.

Серед двох культиварів лінія Пріно відрізнялася достовірно більшою масою зерна з одного колоса. Значення цього показника в середньому за роки досліджень варіювалися в межах 1,62–1,83 г, не зростали після використання азотних систем (1,62–1,65 г проти 1,68 г у контрольному варіанті) та ставали вищими за тривалого внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ (до 1,73 г),

застосування подвійної дози повного мінерального добрива (до 1,83 г) та фосфорно-калійної системи (до 1,77 г, або на 5 % проти контролю).

Таблиця 3.5

**Вплив удобрення на масу зерна в одному колосі пшениці м'якої
озимої, г**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,92	1,31	1,64	1,29
N ₇₅		1,03	1,37	1,77	1,39
N ₁₅₀		1,16	1,42	1,52	1,37
P ₆₀ K ₈₀		0,98	1,49	1,66	1,38
N ₁₅₀ K ₈₀		1,26	1,46	1,52	1,41
N ₁₅₀ P ₆₀		1,27	1,53	1,52	1,44
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		1,14	1,50	1,76	1,47
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		1,28	1,61	1,52	1,47
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		1,27	1,58	1,53	1,46
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		1,28	1,63	1,53	1,48
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		1,28	1,63	1,52	1,48
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		1,56	2,28	1,20	1,68
N ₇₅		1,54	2,17	1,16	1,62
N ₁₅₀		1,61	2,17	1,17	1,65
P ₆₀ K ₈₀		1,64	2,43	1,23	1,77
N ₁₅₀ K ₈₀		1,69	2,30	1,17	1,72
N ₁₅₀ P ₆₀		1,76	2,32	1,18	1,75
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		1,68	2,32	1,19	1,73
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		1,87	2,45	1,17	1,83
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		1,84	2,32	1,13	1,76
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		1,87	2,45	1,16	1,83
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		1,87	2,39	1,15	1,80
НІР _{0,05} за чинниками	А	0,04	0,06	0,03	—
	В	0,02	0,03	0,02	—

У 2020 р. тенденцію до зменшення маси зерна в одному колосі досліджуваної лінії спостерігали після застосування азотної системи з дозуванням 75 кг/га д. р. ; у 2021 р. – обидвох азотних систем; у 2022 р. – всіх систем, що мали азотний складник.

Достовірно збільшувала масу зерна в одному колосі як сорту КВС Еміл, так і лінії Пріно фосфорно-калійна система.

Системи удобрення також по-різному впливали на формування кількості зерен в одному колосі сорту КВС Еміл. Так, середнє значення (за три роки досліджень) в контрольному варіанті становило 34,3 г. За використання N_{75} збільшувалося до 36,1 г, або на 5 %; N_{150} – до 35,7 г, або на 4 % (табл. 3.6); повного мінерального добрива – до 38,3 г, або на 12 %.

У 2020 р. всі системи удобрення збільшували кількість зерна в колосі досліджуваного сорту. У 2021 р. достовірно не підвищувала цей показник N_{75} , а у 2022 р. – кожна система з азотним складником у дозуванні 150 кг/га д. р.

Кількість зерна в колосі пшениці м'якої озимої лінії Пріно була на 2–12 % вищою, ніж у сорту КВС Еміл; знижувалася до 36,9 г, або на 5 % проти контролю (38,5 г), через застосування азотних систем удобрення, збільшувалася до 40,6 г, або на 5 %, завдяки внесенню повного мінерального добрива та була на рівні 38,2–39,1 г після використання азотно-калійної та азотно-фосфорної систем.

У 2020 р. азотні системи не переважали над контролем за кількістю зерен в одному колосі досліджуваної лінії. 2021 року у варіантах з усіма системами, окрім $P_{60}K_{80}$, $N_{150}P_{60}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}K_{40}$, спостерігали зменшення вказаного показника. Результати, одержані у 2022 р. після внесення добрив, були нижчими, ніж у контролі.

Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив і з повним мінеральним добривом майже не різнилися між собою у процесі вирощування обох культиварів. Фосфорно-калійні системи достовірно збільшували кількість зерна в одному колосі сорту КВС Еміл в усі роки досліджень, а лінії Пріно – у 2020 та 2021 роках.

Таблиця 3.6

Вплив удобрення на кількість зерна в одному колосі пшениці м'якої озимої, шт.

Варіант досліджу (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		24,7	35,3	42,8	34,3
N ₇₅		27,2	35,4	45,7	36,1
N ₁₅₀		30,5	36,8	39,7	35,7
P ₆₀ K ₈₀		26,1	38,1	42,0	35,4
N ₁₅₀ K ₈₀		33,0	37,9	39,6	36,8
N ₁₅₀ P ₆₀		33,3	39,6	39,7	37,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		30,1	38,6	45,2	38,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		33,4	41,9	39,5	38,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		33,2	41,4	39,9	38,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		33,4	42,1	39,8	38,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		33,3	42,0	39,6	38,3
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		36,7	52,0	26,9	38,5
N ₇₅		35,8	48,9	26,0	36,9
N ₁₅₀		36,6	47,5	26,5	36,9
P ₆₀ K ₈₀		38,5	54,9	26,8	40,1
N ₁₅₀ K ₈₀		38,3	50,1	26,1	38,2
N ₁₅₀ P ₆₀		40,0	51,2	26,2	39,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		39,0	52,2	26,5	39,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		42,3	53,6	25,8	40,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		41,8	50,7	25,0	39,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		42,4	53,5	25,6	40,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		42,2	51,8	25,3	39,8
НІР _{0,05} за чинниками	А	0,9	1,1	0,08	—
	В	0,7	0,8	0,06	—

На масу та кількість зерна в одному колосі пшениці м'якої озимої впливали погодні умови вегетаційного періоду та формування продуктивного стеблостою, який змінювався залежно від удобрення. Це також підтверджено дослідженням [77]. Встановлено дуже високий обернений кореляційний зв'язок ($r = -0,83 - -0,99$) між показниками чисельності продуктивних стебел і маси зерна в одному колосі. Зокрема, 2022 року з підвищенням першого внаслідок внесення азотних добрив

(дозування – 150 кг/га д. р.) знижувався другий. У дослідженні [80] продемонстровано, що збільшення кількості продуктивних стебел до 544 та 648 шт./м² зменшує до 1,59 г масу зерна в одному колосі. А от продуктивність колоса, навпаки, є вищою (за сприятливих погодних умов), якщо продуктивних стебел менше.

У середньому за три роки проведених досліджень маса 1000 зерен пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл збільшувалась від 37,6 до 38,5 г залежно від системи удобрення (табл. 3.7). Застосування всіх видів добрив підвищувало її на 3 % порівняно з ділянками без добрив. Достовірної різниці між системами застосування добрив у польовій сівозміні не встановлено. Високий індекс стабільності (0,96–1,00) формування маси 1000 зерен за вирощування обох сортів свідчить про незначний вплив погодних умов вегетаційного періоду. Так, у 2020 р. цей показник збільшувався від 37,1 до 38,3 г, а в 2021 р. – від 37,2 до 39,1 г.

У сорту Ріно маса 1000 зерен була істотно більшою порівняно з сортом КВС Еміл на 16–17 % ($HP_{05}=0,8-0,9$). Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувало її від 43,2 г до 43,6–43,8 г або лише на 1 %, а за подвійної дози – до 44,8–45,1 г, або на 4–5 %. Ефективність застосування парної комбінації фосфорних і калійних добрив була вищою за вирощування сорту КВС Еміл.

Для пшениці дуже високою вважається маса 1000 зерен > 35 г, високою, якщо цей показник знаходиться в межах – 30–35, середньою – 27–30, низькою < 27 г [216]. Отже, маса 1000 зерен сортів пшениці м'якої озимої була дуже високою як у середньому, так і за роками проведення досліджень.

Таблиця 3.7

**Маса 1000 зерен різностиглих сортів пшениці м'якої озимої
залежно від системи удобрення, г**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		37,1	37,2	38,4	37,6
N ₇₅		37,8	38,8	38,8	38,5
N ₁₅₀		38,1	38,6	38,3	38,3
P ₆₀ K ₈₀		37,5	39,1	39,5	38,7
N ₁₅₀ K ₈₀		38,3	38,6	38,4	38,4
N ₁₅₀ P ₆₀		38,1	38,7	38,2	38,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		37,9	38,8	38,9	38,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		38,3	38,4	38,4	38,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		38,2	38,2	38,3	38,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		38,3	38,6	38,4	38,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		38,3	38,7	38,5	38,5
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		42,5	43,9	44,6	43,7
N ₇₅		42,9	44,3	44,4	43,9
N ₁₅₀		43,9	45,6	44,0	44,5
P ₆₀ K ₈₀		42,7	44,3	45,9	44,3
N ₁₅₀ K ₈₀		44,1	45,9	44,9	45,0
N ₁₅₀ P ₆₀		44,0	45,4	45,1	44,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		43,0	44,5	44,7	44,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		44,2	45,8	45,3	45,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		44,0	45,7	45,4	45,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		44,1	45,8	45,3	45,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		44,2	46,2	45,5	45,3
NIP ₀₅ за чинниками	A	1,2	1,1	1,2	—
	B	0,8	0,5	0,9	—

Отже, після застосування азотних добрив спостерігали максимальне збільшення кількості продуктивних стебел пшениці м'якої озимої. Так, якщо в контрольному варіанті у сорту КВС Еміл їх було 420–513 шт./м², то завдяки внесенню N₁₅₀P₆₀K₈₀ чисельність вдалося підвищити до 562–624 шт./м². Кількість продуктивних стебел лінії Пріно змінювалася від 209–432 до 277–613 шт./м² відповідно. Внесення повного мінерального

добрива ($N_{75}P_{30}K_{40}$ і $N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяло збільшенню маси зерна в одному колосі до 1,46–1,47 (КВС Еміл) та 1,73–1,83 г (Пріно), а кількості зерен – до 38,0–38,3 (КВС Еміл) та 39,2–40,6 шт. (Пріно).

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Найбільше впливає на висоту рослин у період колосіння – молочна стиглість зерна, оскільки у цей період показник найсильніше підвищується. Так, цей показник зростає від 66 до 78 см у 2020 р, від 65 до 82 – у 2021 р та від 61 до 72 см у 2022 р. У сорту КВС Еміл висота рослин мало змінюється залежно від року дослідження. Найбільше впливає застосування азотної складової порівняно з іншими видами добрив. Рослини лінії Пріно слабо реагують на застосування добрив у фазу ВВСН 22, проте висота рослин достовірно зростає впродовж інших періодів. У фазу ВВСН 93 висота рослин зростає від 71 до 80 см або на 27 % у 2020 р, від 68 до 77 см, або на 13 % у 2021 р. та від 65 до 84 см, або на 29 % у 2022 р. за внесення N_{150} .

2. Сорт пшениці м'якої озимої КВС Еміл формує максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 в усі роки досліджень – 693–948 шт./м² залежно від варіанта досліду. Фаза ВВСН 50 у 2020 р. характеризується зниженням цього показника до 533–639 шт./м² (або в 1,5–1,6 раза, як порівняти з ВВСН 30); ВВСН 93 – підвищенням від 513 (контрольний варіант, без добрив) до 584–616 шт./м², або на 14–20 % (зі внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив). Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшує чисельність продуктивних стебел до 588 шт./м², або на 15 % проти контролю; внесення повного мінерального добрива – до 624 шт./м², або на 22 %. Одержані значення у варіантах з азотно-калійною, азотно-фосфорною системами та за неповного повернення фосфорних і калійних добрив майже не відрізнялися від результатів, отриманих після внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$. Це свідчить про сильнішу реакцію пшениці м'якої озимої на

використання азотних добрив, як порівняти з фосфорними та калійними. Завдяки поліпшенню умов мінерального живлення більшість стебел продуктивні (із зерном), а кількість непродуктивних зменшується від 19 до 13–18 шт./м² залежно від системи удобрення.

3. Густота стебел пшениці м'якої озимої лінії Пріно у фазу ВВСН 30 збільшується від 457 (без добрив) до 671 шт./м², або на 47 % (повне мінеральне добриво); у ВВСН 50 – зменшується до 252–311 шт./м², або в 1,8–2,2 раза проти ВВСН 30. Схожі тенденції внаслідок застосування різних видів і доз добрив спостерігали й для сорту КВС Еміл. Кількість продуктивних стебел лінії Пріно у фазі ВВСН 93 становить 238 шт./м² (контроль). Після внесення повного мінерального добрива вона зростає до 301 шт./м², або на 26 %. Водночас чисельність непродуктивних стебел зменшується з 13 до 9 шт./м².

4. Середня (за три роки досліджень) маса зерна з одного колоса сорту КВС Еміл у контрольному варіанті становить 1,29 г. За використання 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшується до 1,39 г, або на 8 %; N₇₅P₃₀K₄₀ – до 1,47 г, або на 14 %; повного мінерального добрива – до рівня варіанта з N₇₅P₃₀K₄₀; N₁₅₀ – до 1,37 г, або на 6 % проти контролю. На фосфорно-калійному фоні цей показник підвищується до 1,38 г, або на 7 %. Значення у варіантах із неповним поверненням фосфорних і калійних добрив дорівнюють результатам, одержаним за внесення повного мінерального добрива.

5. Серед двох культиварів лінія Пріно відрізняється достовірно більшою масою зерна з одного колоса. Значення цього показника в середньому за роки досліджень варіюють у межах 1,62–1,83 г, не зростають після використання азотних систем (1,62–1,65 г проти 1,68 г у контрольному варіанті) та стають вищими за тривалого внесення N₇₅P₃₀K₄₀ (до 1,73 г), застосування подвійної дози повного мінерального добрива (до 1,83 г) та фосфорно-калійної системи (до 1,77 г, або на 5 % проти

контролю).

6. У середньому за два роки проведених досліджень маса 1000 зерен пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл збільшується від 37,2 до 38,5 г залежно від системи удобрення. Застосування всіх видів добрив підвищує її на 3 % порівняно з ділянками без добрив. Достовірної різниці між системами застосування добрив у польовій сівозміні не встановлено. Високий індекс стабільності (0,96–1,00) формування маси 1000 зерен за вирощування обох сортів свідчить про незначний вплив погодних умов вегетаційного періоду. Так, у 2020 р. цей показник збільшується від 37,1 до 38,3 г, а в 2021 р. – від 37,2 до 39,1 г.

7. У сорту Ріно маса 1000 зерен істотно більша порівняно з сортом КВС Еміл на 16–17 % ($НІР_{05}=0,8-0,9$). Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшує її від 43,2 г до 43,6–43,8 г або лише на 1 %, а за подвійної дози – до 44,8–45,2 г, або на 4–5 %. Ефективність застосування парної комбінації фосфорних і калійних добрив вища за вирощування сорту КВС Еміл.

Результати, подані в розділі, опубліковано в працях [220, 114, 114].

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

4.1 Формування врожайності зерна та соломи

Ефективність виробництва пшениці пов'язана не тільки з валовим виробництвом, а й з якісними показниками, які залежать від ціни та ринкової конкурентоспроможності продукції [216]. На якісні показники зерна пшениці озимої впливають метеорологічні умови, родючість ґрунту, застосовані агротехнічні заходи, біологічні особливості сорту [116]. Перераховані вище фактори можна поділити на дві групи, до першої належать неконтрольовані (погодно-кліматичні умови в період вегетації), до другої – керовані (підживлення рослин, захист від бур'янів, хвороб, шкідників) [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. При цьому одним із головних факторів є підвищення врожайності зерна та якості озимої пшениці в майбутньому за рахунок збереження та підвищення родючості ґрунту [201].

Дослідження свідчать, що врожайність пшениці м'якої озимої істотно змінювались залежно від удобрення і сорту (табл. 4.1). Так, найбільшою вона була за вирощування обох сортів за внесення повного мінерального добрива. Проте системи удобрення в сівозміні мали різну ефективність. У середньому за три роки проведення досліджень за вирощування сорту КВС Еміл урожайність зерна збільшувалась від 4,50 до 5,83 т/га або в 1,3 раза за внесення N_{75} і до 6,96 т/га, або в 1,5 раза у варіанті досліді з тривалим застосуванням 150 кг/га д. р. азотних добрив. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшувало її до 6,43 т/га або в 1,4 раза, а внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – до 7,73 т/га, або в 1,7 раза. Слід відзначити, що ефективність фосфорних і калійних добрив зростала з поліпшенням умов

азотного живлення рослин. Так, у варіантах досліду з внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі $P_{30-60}K_{40-80}$ врожайність зерна збільшувалась на 10 % порівняно із застосуванням цієї дози без фосфорних і калійних добрив. За впливом на врожайність пшениці м'якої озимої застосування $N_{150}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}$ було майже однаковим.

Таблиця 4.1

Урожайність зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої та її стабільність залежно від систем удобрення

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки	Індекс стабільності
		2020	2021	2022		
Сорт КВС Еміл (чинник В)						
Без добрив (контроль)		4,05	4,94	6,00	5,00	0,68
N ₇₅		5,27	6,39	7,20	6,29	0,73
N ₁₅₀		6,33	7,58	7,67	7,19	0,83
P ₆₀ K ₈₀		4,37	5,48	6,43	5,43	0,68
N ₁₅₀ K ₈₀		6,98	7,72	7,74	7,48	0,90
N ₁₅₀ P ₆₀		7,05	7,87	7,72	7,55	0,90
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		5,91	6,94	7,53	6,79	0,78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		7,18	8,27	7,83	7,76	0,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		6,99	7,99	7,79	7,59	0,87
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		7,13	8,21	7,78	7,71	0,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		7,11	8,03	7,76	7,63	0,89
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)		3,31	4,23	4,50	4,01	0,74
N ₇₅		3,72	4,74	5,48	4,65	0,68
N ₁₅₀		4,09	5,07	5,87	5,01	0,70
P ₆₀ K ₈₀		3,48	4,51	4,70	4,23	0,74
N ₁₅₀ K ₈₀		4,47	5,46	6,02	5,32	0,74
N ₁₅₀ P ₆₀		4,69	5,63	6,08	5,47	0,77
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		4,11	5,24	5,75	5,03	0,71
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		5,09	6,11	6,22	5,81	0,82
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		4,97	5,68	6,04	5,56	0,82
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		5,04	6,01	6,18	5,74	0,82
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		5,01	5,81	6,12	5,65	0,82
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,15	0,18	0,20	—	—
	B	0,16	0,17	0,19	—	—

Варіанти досліду з неповним поверненням у ґрунту, винесеного з урожаєм фосфору і калію забезпечували формування на 1–3 % меншу врожайність порівняно з повною компенсацією їх винесення. Найменший приріст урожаю зерна (0,43 т/га) порівняно з абсолютним контролем отримано за тривалого застосування лише фосфорних і калійних добрив. На тлі повного мінерального добрива в сівозміні зростає індекс стабільності формування врожаю зерна порівняно з варіантами досліду без добрив, $P_{60}K_{80}$ і застосуванням лише азотних добрив.

Урожайність пшениці м'якої сорту Ріно була істотно меншою порівняно з сортом КВС Еміл. Крім цього, ефективність застосування добрив під нього була нижчою. Так, у середньому за три роки досліджень на неудобрених ділянках вона становила 3,77 т/га. Усі системи удобрення в сівозміні істотно збільшували урожайність зерна. Варіант досліду із застосуванням максимальної дози мінеральних добрив сприяв збільшенню врожайності в 1,5 раза, а внесення половини добрив – у 1,2 раза порівняно з контролем. Тенденція впливу тривалого застосування лише азотних добрив, парних комбінацій основних складових живлення і неповного повернення фосфору і калію від винесення урожаєм була подібною за вирощування сорту КВС Еміл.

Урожайність зерна та ефективність систем удобрення значно змінювались залежно від погодних умов року дослідження. Так, у 2020 р. за період березень – червень випало 218,0 мм опадів, а в 2021 р. – 243,4 мм. Проте дефіцит вологи у ґрунті в осінньо-зимовий період затримував появу сходів до третьої декади січня 2020 р. Крім цього, на розвиток рослин пшениці м'якої озимої також негативно впливало тривале похолодання та весняні заморозки. Тому врожайність зерна в 2020 р. була меншою за вирощування обох сортів. Приріст урожайності зерна сорту КВС Еміл у 2020 р. становив 1,22–3,13 т/га залежно від системи удобрення, а в 2021 р.

– 1,45–3,33 т/га. За вирощування сорту Ріно цей показник становив відповідно 0,41–1,78 і 0,51–1,88 т/га.

Статистична обробка даних показала, що використання різних систем удобрення в наших дослідках достовірно збільшували урожайність зерна пшениці м'якої озимої (рис. 4.1). Так, застосування N_{75} , підвищувало цей показник у 1,2 рази, а N_{150} – у 1,4 рази порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорних, калійних і фосфорно-калійних добрив достовірно збільшувало врожайність зерна порівняно з азотними системами удобрення. Проте цей показник у варіанті $N_{150}P_{60}K_{80}$ збільшувався лише на 10 % порівняно з азотною системою удобрення.

Урожайність з неповним поверненням фосфорно-калійних добрив була лише на 2–3 % меншою порівняно з повним мінеральним добривом. За умови застосування азотно-фосфорної та азотно-калійної системи удобрення урожайність була на 5–7 % більшою порівняно з азотною системою. При цьому цей показник був на 6 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом.

Найменше на врожайність зерна пшениці м'якої озимої впливала фосфорно-калійна система удобрення. Так, цей показник збільшувався лише на 7 % порівняно з контролем. При цьому вплив чинника був достовірним.

Необхідно відзначити, що врожайність достовірно змінювалась залежно від сорту пшениці м'якої озимої. Так, цей показник за вирощування сорту КВС Еміл був на 35 % більшим порівняно з лінією Пріно.

Погодні умови упродовж років досліджень також достовірно впливали на врожайність зерна. У сприятливішому за погодними умовами 2022 р. цей показник був на 20 % більшим порівняно з 2020 р. Урожайність зерна в 2021 р. була достовірно більшою порівняно з 2020 р, проте меншою порівняно з 2022 р.

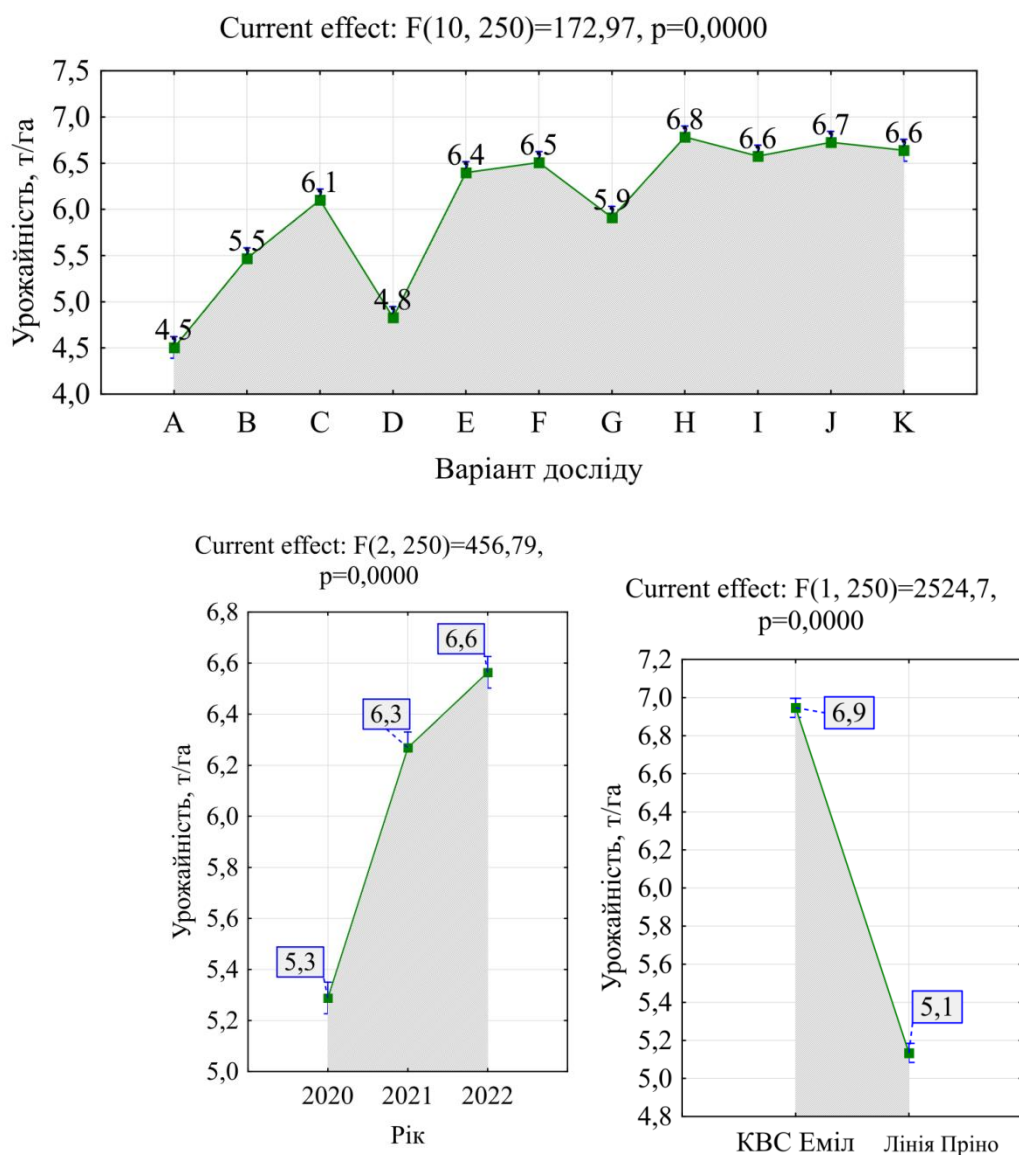


Рис. 4.1 Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення: А – Без добрив (контроль), В – N_{75} , С – N_{150} , D – $P_{60}K_{80}$, E – $N_{150}K_{80}$, F – $N_{150}P_{60}$, G – $N_{75}P_{30}K_{40}$, H – $N_{150}P_{60}K_{80}$, I – $N_{150}P_{30}K_{40}$, J – $N_{150}P_{60}K_{40}$, K – $N_{150}P_{30}K_{80}$

Як порівняти з повним мінеральним добривом, варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив достовірно не знижували врожаї, а от після використання азотної системи показники зменшувались на 0,57–0,80 т/га проти результатів, одержаних за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$.

З-поміж досліджуваних культиварів пізньостиглий сорт КВС Еміл характеризувався ліпшою, ніж ранньостигла лінія Пріно, врожайністю.

Найвищі її значення одержано у сприятливому 2022 р., найнижчі – у 2020 р. Негативний вплив погодних умов на формування врожаїв зерна обох сортів зменшували завдяки застосуванню добрив.

Проведені дослідження підтвердили значення азотної складової в системі удобрення пшениці озимої. Про високу ефективність застосування азотних добрив для злакових культур порівняно з фосфорно-калійними свідчать результати інших вчених [5]. Необхідно відзначити, що ефективність застосування добрив залежала від погодних умов вегетаційного періоду. Упродовж 2020–2022 рр. урожайність зерна пшениці м'якої озимої коливалась від 5,3 до 6,6 т/га. Проте така тенденція характерна для умов Правобережного Лісостепу. Крім цього, величина врожаю зерна змінювалась залежно від сорту пшениці озимої. Така тенденція зумовлена селекційно-генетичними особливостями сорту. Так, лінія Пріно була ранньостиглою, а сорт КВС Еміл – пізньостиглим. Очевидно, що за довшого вегетаційного періоду рослини використали більше складових живлення порівняно з рослинами коротшої вегетації.

Результати досліджень свідчать, що, крім урожайності зерна, збільшувалась урожайність соломи пшениці м'якої озимої (табл. 4.2). У середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 9,06 у варіанті без добрив до 13,58 т/га за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив або на 50 % за вирощування сорту КВС Еміл. За повного мінерального добрива урожайність соломи збільшувалась до 15,46 т/га або на 71 % порівняно з контролем і на 14 % порівняно з азотною системою удобрення. Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив, а також парні комбінації складових живлення достовірно не знижували цього показника порівняно з повним мінеральним добривом ($N_{150}P_{60}K_{80}$). Фосфорно-калійна система найменше впливала на урожайність соломи. Так, цей показник збільшувався лише на 9 % порівняно з варіантом без

добрив.

Таблиця 4.2

Урожайність соломи різних сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення, т/га

Варіант досліду (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		8,10	8,89	10,20	9,06
N ₇₅		11,07	12,14	12,24	11,82
N ₁₅₀		13,29	14,40	13,04	13,58
P ₆₀ K ₈₀		8,74	9,86	10,93	9,85
N ₁₅₀ K ₈₀		15,36	14,67	14,71	14,91
N ₁₅₀ P ₆₀		15,51	14,95	14,67	15,04
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		12,41	13,19	13,55	13,05
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		15,80	15,71	14,88	15,46
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		15,38	15,18	14,80	15,12
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		15,69	15,60	14,78	15,36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		15,64	15,26	14,74	15,21
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		7,28	8,88	8,10	8,09
N ₇₅		8,56	10,43	9,86	9,62
N ₁₅₀		9,41	11,15	10,57	10,38
P ₆₀ K ₈₀		7,66	9,47	8,46	8,53
N ₁₅₀ K ₈₀		10,73	12,01	12,04	11,59
N ₁₅₀ P ₆₀		11,26	12,39	11,55	11,73
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		9,45	11,53	11,50	10,83
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		12,22	14,05	12,44	12,90
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		11,93	13,06	12,08	12,36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		12,10	13,82	12,36	12,76
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		12,02	13,36	12,24	12,54
HIP ₀₅	A	0,3	0,4	0,3	—
	B	0,2	0,3	0,2	—

Урожайність соломи у лінії Пріно була на 8–20 % меншою порівняно з сортом КВС Еміл – 8,09–12,90 т/га. При цьому тенденція впливу різних систем удобрення була подібною.

Необхідно відзначити, що в варіанті без добрив і фосфорно-калійній системі за вирощування сорту КВС Еміл найвища врожайність соломи

була в 2022 р. – 10,20 т/га, а найменшою в 2020 р. – 8,10 т/га. За вирощування лінії Пріно найбільшим цей показник був у 2020 р. – 8,88 т/га, а найменшим у 2020 р. – 7,28 т/га. Очевидно така тенденція зумовлена особливостями накопичення вегетативної маси рослинами різних культиварів пшениці озимої, що підтверджує відношення соломи до зерна (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Відношення соломи до зерна в різних сортах пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		2,0	1,8	1,7	1,8
N ₇₅		2,1	1,9	1,7	1,9
N ₁₅₀		2,1	1,9	1,7	1,9
P ₆₀ K ₈₀		2,0	1,8	1,7	1,8
N ₁₅₀ K ₈₀		2,2	1,9	1,9	2,0
N ₁₅₀ P ₆₀		2,2	1,9	1,9	2,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		2,1	1,9	1,8	1,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		2,2	1,9	1,9	2,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		2,2	1,9	1,9	2,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		2,2	1,9	1,9	2,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		2,2	1,9	1,9	2,0
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		2,2	2,1	1,8	2,0
N ₇₅		2,3	2,2	1,8	2,1
N ₁₅₀		2,3	2,2	1,8	2,1
P ₆₀ K ₈₀		2,2	2,1	1,8	2,0
N ₁₅₀ K ₈₀		2,4	2,2	2,0	2,2
N ₁₅₀ P ₆₀		2,4	2,2	1,9	2,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		2,3	2,2	2,0	2,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		2,4	2,3	2,0	2,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		2,4	2,3	2,0	2,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		2,4	2,3	2,0	2,2
HIP ₀₅	A	0,1	0,1	0,1	—
	B	0,1	0,1	0,1	—

У середньому за три роки досліджень у сорту КВС Еміл відношення

соломи до зерна зростало від 1,8 у варіанті без добрив до 2,0 за внесення повного мінерального добрива, навіть з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив. За вирощування лінії Пріно цей показник зростав від 2,0 до 2,2. Не змінювало його фосфорно-калійна система удобрення. Крім цього, відношення соломи до зерна змінювалось залежно від року проведення досліджень. Так, найвищим цей показник був у 2020 р., а найменшим – у 2022 р.

4.2 Технологічні властивості зерна

Найбільше на вміст білка впливало застосування азотних добрив (табл. 4.4). Внесення N_{75} підвищувало його вміст до 12,3 % або на 5 %, а N_{150} – до 13,3 %, або на 14 % порівняно з варіантом без добрив (11,7 %). Застосування повного мінерального добрива ($N_{75}P_{30}K_{40}$) забезпечувало підвищення цього показника на 8 % і на 17 % ($N_{150}P_{60}K_{80}$). Варіанти досліду з неповним поверненням, винесеного з урожаями фосфору і калію істотно не знижували вмісту білка в зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл.

Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої сорту Ріно був на 20–23 % вищим порівняно з сортом КВС Еміл. Внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало його вміст білка до 15,4 % або на 7 %, а 150 кг/га д. р. – до 15,9 %, або на 10 % порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорних і калійних добрив на тлі азотних підвищувало вміст білка на 0,2–0,5 абс. %. Слід відзначити, що індекс стабільності формування вмісту білка був високим за вирощування обох сортів – 1,02–1,06.

За більшої кількості опадів у 2021 р. у період досягання зерна (68,2 мм) порівняно з 2020 р. (49,7 мм) у зерні обох сортів пшениці м'якої озимої формувалася нижчий вміст білка.

Таблиця 4.4

**Вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої та її
стабільність залежно від систем удобрення**

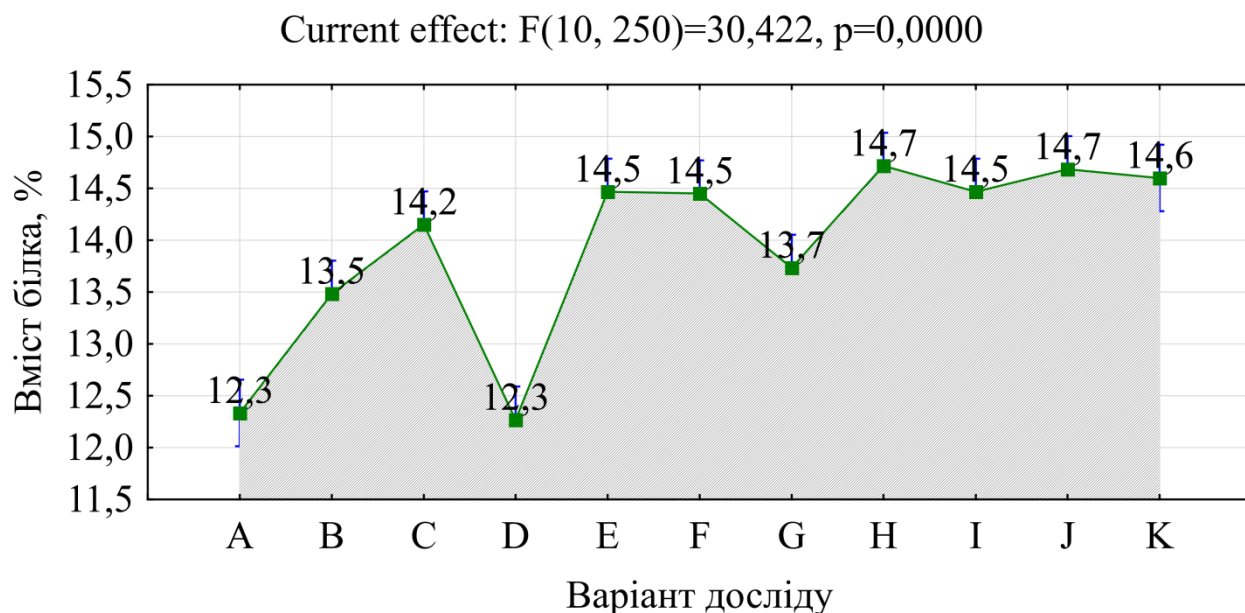
Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки	Індекс стабільності
		2020	2021	2022		
Сорт КВС Еміл (чинник В)						
Без добрив (контроль)		11,9	11,4	10,7	11,3	0,90
N ₇₅		12,6	12,0	12,5	12,4	0,95
N ₁₅₀		13,5	13,1	12,9	13,2	0,96
P ₆₀ K ₈₀		11,8	11,3	10,5	11,2	0,89
N ₁₅₀ K ₈₀		13,7	13,3	13,0	13,3	0,95
N ₁₅₀ P ₆₀		13,8	13,3	12,9	13,3	0,93
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		12,7	12,5	12,7	12,6	0,98
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		13,9	13,4	13,1	13,5	0,94
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		13,8	13,2	13,1	13,4	0,95
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		13,9	13,4	13,0	13,4	0,94
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		13,8	13,3	13,0	13,4	0,94
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)		14,6	14,1	11,3	13,3	0,77
N ₇₅		15,8	15,0	13,0	14,6	0,82
N ₁₅₀		16,3	15,5	13,6	15,1	0,83
P ₆₀ K ₈₀		14,9	14,1	11,0	13,3	0,74
N ₁₅₀ K ₈₀		16,5	15,6	14,7	15,6	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀		16,4	15,7	14,6	15,6	0,89
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		16,0	15,2	13,3	14,8	0,83
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		16,8	16,0	15,1	16,0	0,90
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		16,3	15,5	14,9	15,6	0,91
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		16,8	16,0	15,0	15,9	0,89
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		16,8	15,8	14,9	15,8	0,89
НІР ₀₅ за чинниками	А	0,5	0,4	0,3	—	—
	В	0,3	0,2	0,2	—	—

Вміст білка в зерні пшениці озимої формується в результаті цілої низки чинників [215]. Одним із ефективних способів підвищення його вмісту є застосування азотних добрив [37]. Проведені дослідження

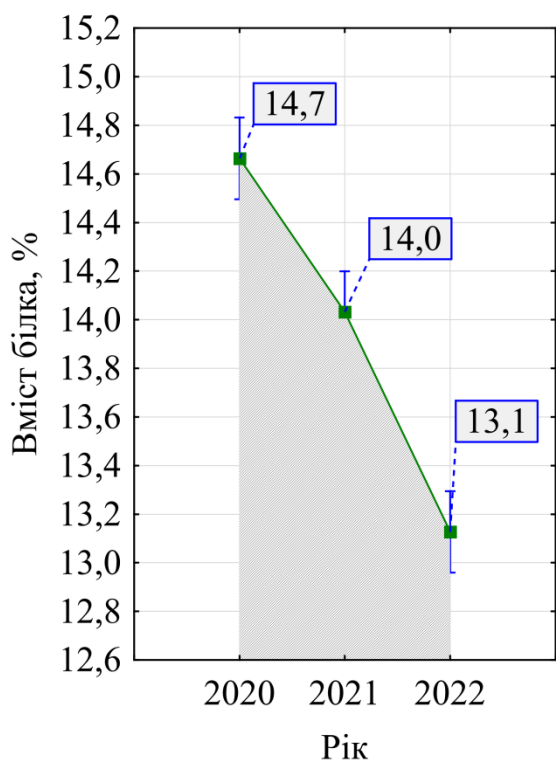
свідчать, що вміст білка найбільше залежить від азотної складової повного мінерального добрива. Крім цього, ефективність їх визначається погодними умовами, особливо, в період досягання зерна і особливостями сорту пшениці озимої. Необхідно відзначити, що в умовах Правобережного Лісостепу вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої значно змінюється від погодних умов (13,1–14,7 %) і особливостей сорту (12,8–15,1 %). Вищий вміст білка в зерні пшениці озимої лінії Пріно зумовлений формуванням меншого рівня врожаю зерна. За однакового вмісту азоту в ґрунті та формування меншої врожайності зростає його частина, яка використовується для синтезу білка і навпаки.

Статистична обробка свідчить, що застосування азотних добрив достовірно впливало на вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої (рис. 4.2). Так, цей показник зростав від 12,3 у варіанті без добрив до 14,7 % залежно від системи удобрення. Слід відзначити, що фосфорно-калійна система не впливала на вміст білка. При цьому доза азотних добрив мала різний вплив на цей показник. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало вміст білка до 13,5 % або на 10 % порівняно з контролем. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив вміст білка зростав до 14,2 % або на 15 %. Застосування азотних добрив з фосфорно-калійними сприяло зростанню цього показника лише на 2–4 %.

Результати статистичного оброблення показали, що вміст білка достовірно змінювався залежно від сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов. За вирощування сортів пшениці озимої вміст білка може змінюватись від 12,8 до 15,1 %. Погодні умови вегетаційного періоду можуть змінювати цей показник від 13,1 до 14,7 %.



Current effect: $F(2, 250)=82,292, p=0,0000$



Current effect: $F(1, 250)=521,87, p=0,0000$

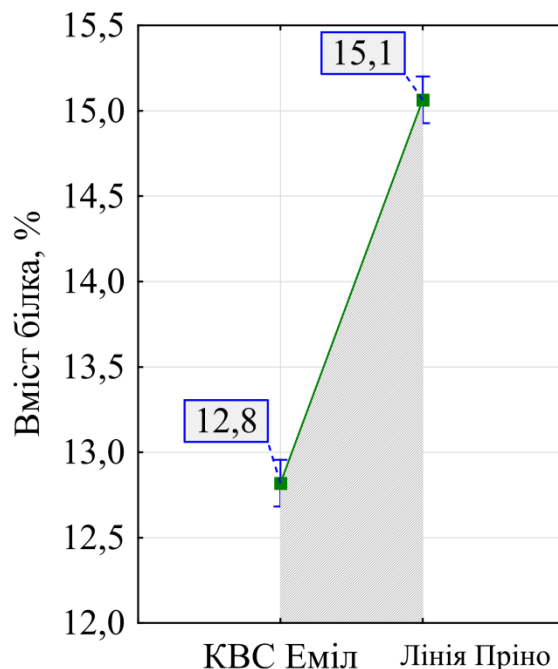


Рис. 4.2 Вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення: А – Без добрив (контроль), В – N_{75} , С – N_{150} , D – $P_{60}K_{80}$, E – $N_{150}K_{80}$, F – $N_{150}P_{60}$, G – $N_{75}P_{30}K_{40}$, H – $N_{150}P_{60}K_{80}$, I – $N_{150}P_{30}K_{40}$, J – $N_{150}P_{60}K_{40}$, K – $N_{150}P_{30}K_{80}$

Отже, застосування азотних добрив не лише збільшує врожайність зерна пшениці м'якої озимої, а й підвищує вміст білка.

Найбільший умовний збір білка забезпечувало застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив на фосфорно-калійному тлі (табл. 4.5). За такого сценарію удобрення він становив 1010–1053 кг/га або більше в 1,9–2,0 раза порівняно з варіантом без добрив (523 кг/га). Застосування N_{75} збільшувало його в 1,4 раза, а внесення N_{150} – у 1,8 раза. У варіанті досліді $P_{60}K_{80}$ збір білка був лише на 9 % вищим порівняно з контролем.

Достовірно менший збір білка отримано за вирощування пшениці м'якої сорту Ріно – 540–917 кг/га. При цьому тенденція впливу систем удобрення була подібною до сорту КВС Еміл. Застосування азотних добрив підвищувало його в 1,2–1,7 раза залежно від варіанту досліді.

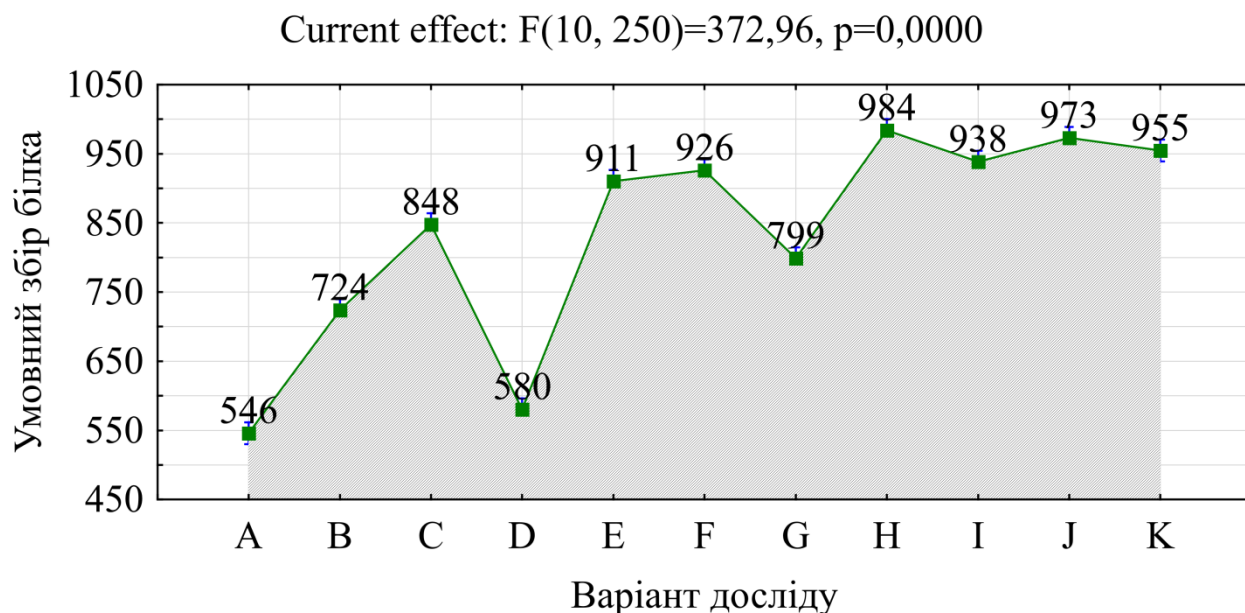
Різні системи удобрення достовірно збільшували збір білка з урожаю зерна пшениці м'якої озимої (рис. 4.3). Вирощування пшениці озимої на азотній системі за N_{75} цей показник збільшувався до 724 кг/га або на 33 %, а за подвійної дози азотних добрив – до 848 кг/га або на 55 % порівняно з варіантом без добрив. У варіанті $N_{75}P_{30}K_{40}$ збір білка збільшувався на 10 % порівняно з азотною системою. Застосування повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{40}$) збільшувало цей показник на 12 %.

Збір білка за азотно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення достовірно збільшувався лише на 7–9 % порівняно з тривалим застосуванням N_{150} . Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив забезпечували збір білка на 1–5 % менше порівняно з повним мінеральним добривом.

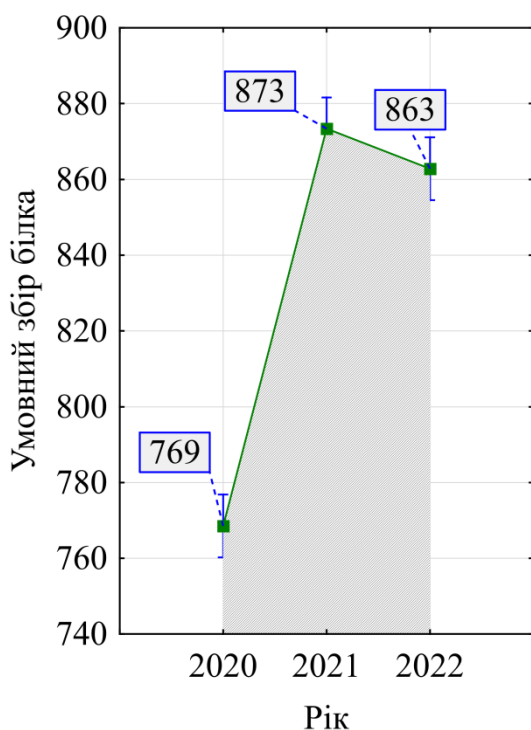
Таблиця 4.5

**Умовний збір білка з урожаю зерна різностиглих сортів пшениці
м'якої озимої та його стабільність залежно від систем удобрення**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки	Індекс стабільності
		2020	2021	2022		
Сорт КВС Еміл (чинник В)						
Без добрив (контроль)		482	563	642	562	0,75
N ₇₅		664	767	900	777	0,74
N ₁₅₀		855	993	989	946	0,86
P ₆₀ K ₈₀		516	619	675	603	0,76
N ₁₅₀ K ₈₀		956	1027	1006	996	0,93
N ₁₅₀ P ₆₀		973	1047	996	1005	0,93
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		751	868	956	858	0,79
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		998	1108	1026	1044	0,90
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		965	1055	1020	1013	0,91
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		991	1100	1011	1034	0,90
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		981	1068	1009	1019	0,92
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)		483	596	509	529	0,81
N ₇₅		588	711	712	670	0,83
N ₁₅₀		667	786	798	750	0,84
P ₆₀ K ₈₀		519	636	517	557	0,81
N ₁₅₀ K ₈₀		738	852	885	825	0,83
N ₁₅₀ P ₆₀		769	884	888	847	0,87
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		658	796	765	740	0,83
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		855	978	939	924	0,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		810	880	900	863	0,90
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		847	962	927	912	0,88
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		842	918	912	891	0,92
НІР ₀₅ за чинниками	А	21	24	22	—	—
	В	18	20	17	—	—



Current effect: $F(2, 250)=187,69, p=0,0000$



Current effect: $F(1, 250)=636,53, p=0,0000$

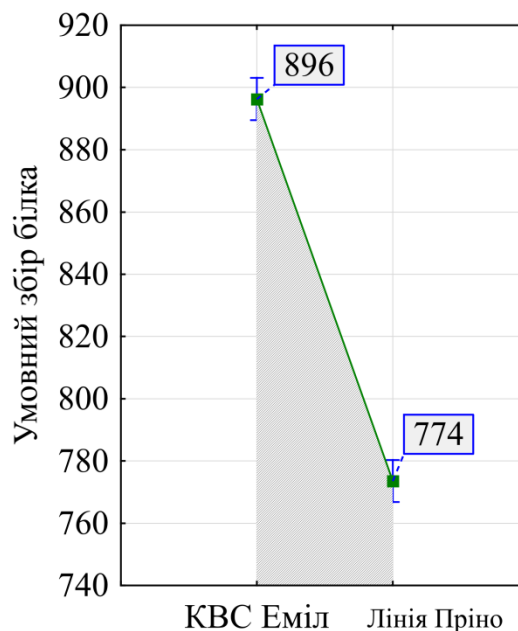


Рис. 4.3 Збір білка з урожаю зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення, кг/га: А – Без добрив (контроль), В – N_{75} , С – N_{150} , D – $P_{60}K_{80}$, E – $N_{150}K_{80}$, F – $N_{150}P_{60}$, G – $N_{75}P_{30}K_{40}$, H – $N_{150}P_{60}K_{80}$, I – $N_{150}P_{30}K_{40}$, J – $N_{150}P_{60}K_{40}$, K – $N_{150}P_{30}K_{80}$

В агротехнології пшениці м'якої озимої необхідно враховувати

особливості сорту та погодних умов вегетаційного періоду під час розроблення системи удобрення. Результати проведених досліджень свідчать, що ефективність систем удобрення залежить від особливостей сорту і погодних умов.

Незважаючи на формування вищого вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої в 2020 р., збір білка був вищим у 2021 р. Так, за вирощування сорту КВС Еміл цей показник був на 11–17 %, а в сорту Ріно – на 14–23 % вищим порівняно з 2020 р. Крім цього, необхідно відзначити, що стабільність збору білка зростала за внесення повного мінерального добрива.

У середньому за три роки проведення досліджень вміст клейковини у зерні пшениці м'якої сорту КВС Еміл зростав від 22,0 до 26,1 % або на 6 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив і до 27,1 %, або на 16 % за внесення N_{150} (табл. 4.6). У варіанті досліду з повним мінеральним добривом ($N_{75}P_{30}K_{40}$) її вміст зростав до 26,8 % або на 11 %, а за подвійної дози добрив – до 27,6 %, або на 21 %. Неповне повернення в ґрунт, винесених з урожаями фосфору і калію з добривами, істотно не знижувало вмісту клейковини у зерні порівняно з повним мінеральним добривом. При цьому індекс стабільності її вмісту зростав від 1,16 у варіанті без добрив до 1,03–1,13 залежно від системи удобрення.

Вміст клейковини у зерні сорту Ріно був істотно вищим порівняно з сортом КВС Еміл і у середньому за три роки досліджень зростав на 9 % за внесення N_{75} і на 11 % у варіанті досліду N_{150} . У варіанті з повним мінеральним добривом вміст клейковини був 34,7 %, а індекс стабільності був вищим порівняно з сортом КВС Еміл – 1,02–1,06.

Вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл за сприятливіших погодних умов 2020 р. становив 26,5–30,9 %, а в 2021 р. – 22,8–28,9 %. У зерні сорту Ріно її вміст був відповідно 32,3–37,2 і 30,8–35,6 % залежно від варіанту досліду.

Таблиця 4.6

**Вміст клейковини у зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої
залежно від систем удобрення, %**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		26,5	22,8	22,0	23,8
N ₇₅		27,6	24,5	26,1	26,1
N ₁₅₀		29,9	27,4	27,1	28,1
P ₆₀ K ₈₀		26,2	22,5	20,6	23,1
N ₁₅₀ K ₈₀		30,3	28,2	27,4	28,6
N ₁₅₀ P ₆₀		30,5	28,5	27,1	28,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		27,8	26,9	26,8	27,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		30,7	28,9	27,6	29,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		30,6	28,5	27,5	28,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		30,9	28,6	27,3	28,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		30,8	28,3	27,3	28,8
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		32,3	30,8	23,1	28,7
N ₇₅		34,9	33,7	26,5	31,7
N ₁₅₀		35,8	34,3	28,3	32,8
P ₆₀ K ₈₀		32,9	30,9	22,3	28,7
N ₁₅₀ K ₈₀		36,4	34,5	30,6	33,8
N ₁₅₀ P ₆₀		36,3	34,1	30,4	33,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		35,1	32,3	27,3	31,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		37,2	35,6	31,4	34,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		35,8	34,5	31,0	33,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		37,3	35,7	31,2	34,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		37,4	35,5	31,0	34,6
HIP ₀₅	A	0,8	0,7	0,5	—
	B	0,6	0,5	0,3	

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [216].

Отже, в 2020 р. вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл у всіх варіантах досліджу був середнім. У 2021 р. у варіантах без добрив, із застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив, P₆₀K₈₀ вміст клейковини у

зерні був низьким, а в решти варіантів досліду – середнім. У сорту Ріно в 2020 р. у варіантах без добрив, з внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив і $P_{60}K_{80}$ її вміст був високим, а в решти варіантах – дуже високим. У 2021 р. цей показник у варіанті без добрив і $P_{60}K_{80}$ був середнім, а за решти систем удобрення – високим.

Слід відзначити, що в сорту КВС Еміл відношення вмісту клейковини до білка змінювалось залежно від року дослідження. У 2020 р. воно було в межах 2,19–2,23, а в 2021 р – від 2,00 до 2,16 залежно від системи удобрення. Застосування азотних добрив фосфорн-калійному тлі сприяло зростанню цього відношення. Очевидно, що поліпшення мінерального живлення рослин сприяє синтезу клейковиноутворювальних білків. Відношення клейковини до білка в зерні сорту Ріно майже не змінювалось від досліджених чинників і становило 2,18–2,25 залежно від варіанту досліду.

Відомо [119], що пшениця – азотофільна культура. Тому поліпшення азотного живлення пшениці м'якої озимої після попередника соя сприяло збільшенню врожайності та поліпшенню якості зерна. Поліпшення азотного живлення водночас сприяє засвоєнню фосфору та калію добрив [76]. Тому застосування повного мінерального добрива забезпечувало підвищення продуктивності цієї культури. Сорт КВС Еміл мав довший вегетаційний період, тому краще реагував на застосування добрив. Лінія Пріно мав нижчу реакцію, оскільки ранньостиглий. Проте за більшої урожайності зерна у сорту КВС Еміл формувався нижчий вміст білка порівняно з сортом Ріно, що пояснюється ефектом розбавлення.

Результати проведених досліджень показали, що між вмістом білка та вмістом клейковини у зерні пшениці м'якої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок (рис. 4.4). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

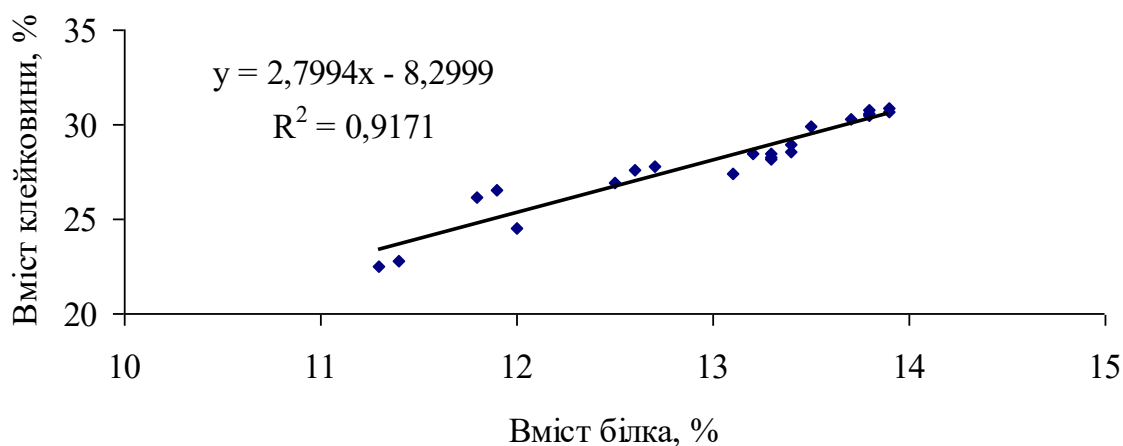
$y = 2,7994x - 8,2999$ для сорту КВС Еміл,

$y = 2,2545x - 0,6397$ для сорту Ріно

де y – вміст білка, %;

x – вміст клейковини, %.

Сорт КВС Еміл



Лінія Пріно

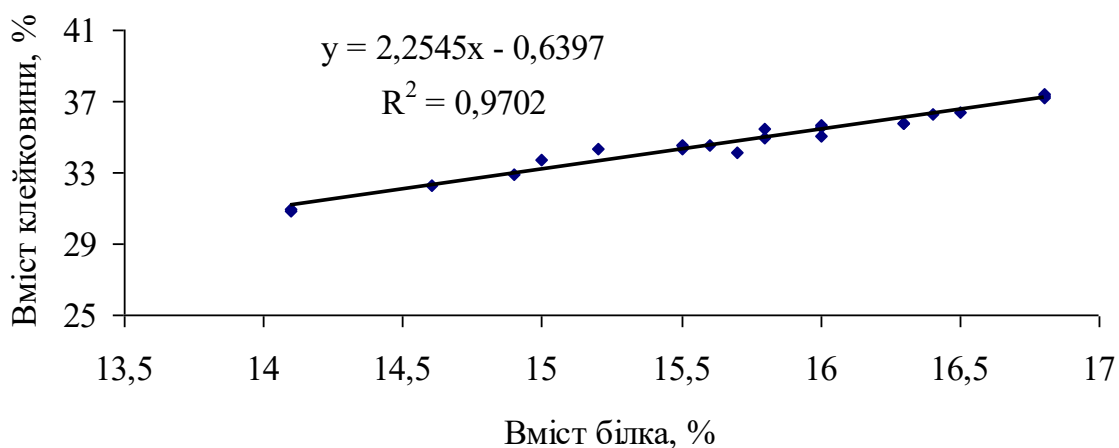


Рис. 4.4 Кореляційна залежність між вмістом білка та клейковини у зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої

Встановлено, що застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшує врожайність зерна пшениці м'якої озимої до 5,9 т/га або на 7 % порівняно з варіантом, де застосовують лише 75 кг/га д. р. У варіанті з повним мінеральним добривом ($N_{150}P_{60}K_{80}$) урожайність на 11 % більшою порівняно з тривалим

застосування N_{150} . Азотно-калійна, фосфорно-калійна система та варіанти з неповним поверненням фосфорно-калійних добрив забезпечують урожайність меншу на 6–7 % порівняно з повним мінеральним добривом.

Формування урожайності пшениці м'якої озимої залежить від сорту. Так, у сорту КВС Еміл цей показник був достовірно більший порівняно з лінією Пріно на 35 %. Крім цього, на врожайність зерна обох сортів достовірно впливають погодні умови вегетаційного періоду.

Натура зерна обох сортів пшениці м'якої озимої збільшувалась як у середньому, так і за роки проведення досліджень з індексом стабільності 0,98–1,00 (табл. 4.7). Так, у середньому за три роки проведення досліджень вона збільшувалась у сорту КВС Еміл від 778 до 781–787 г/л або на 1–2 % залежно від системи удобрення. Зерно сорту Ріно мало на 6 % більшу натуру зерна порівняно з сортом КВС Еміл. У середньому вона збільшувалась від 804 до 811–820 г/л за внесення добрив або лише на 1–2 %.

Відомо, що для пшениці натура зерна ≥ 785 г/л – дуже висока, 764–785 – висока, 725–764 – середня, ≤ 724 г/л – низька [1]. Отже, натура зерна пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл у 2020 р. була дуже високою за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив на фосфорно-калійному тлі та за азотно-калійної системи удобрення. У решти варіантах дослідів вона була високою. У 2021 р. варіанти із застосуванням N_{150} , $N_{150}K_{80}$, $N_{150}P_{60}$ і повним мінеральним добривом $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечували виробництво зерна з дуже високою натурою. Слід відзначити, що цей показник у сорту Ріно був дуже високим в усіх варіантах дослідів.

Відповідно до ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. за натурою зерно пшениці м'якої озимої сорту Ріно, вирощене за три роки досліджень відповідало 1 класу якості за всіх систем удобрення. Зерно сорту КВС Еміл у варіантах без добрив і фосфорно-калійному тлі – 2 класу.

Таблиця 4.7

**Натура зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно
від системи удобрення, г/л**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		769	772	793	778
N ₇₅		775	782	786	781
N ₁₅₀		783	790	785	786
P ₆₀ K ₈₀		771	780	798	783
N ₁₅₀ K ₈₀		786	792	785	788
N ₁₅₀ P ₆₀		784	790	786	787
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		776	779	784	780
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		785	792	780	786
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		784	791	781	785
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		783	791	779	784
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		784	792	780	785
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		813	826	773	804
N ₇₅		822	839	772	811
N ₁₅₀		832	841	777	817
P ₆₀ K ₈₀		815	829	782	809
N ₁₅₀ K ₈₀		836	840	780	819
N ₁₅₀ P ₆₀		831	835	781	816
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		823	838	794	818
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		833	840	786	820
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		831	842	783	819
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		832	841	785	819
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		834	842	787	821
HIP ₀₅	A	20	19	18	—
	B	18	17	15	

Результати проведених досліджень показали, що між масою 1000 зерен і натурою зерна існує певний зв'язок. Так, у сорту КВС Еміл у 2020 р. він був прямим дуже високим – $r = 0,95$, а в 2021 р. – прямим помірним – $r = 0,37$. У сорту Ріно він становив відповідно $r = 0,97$ (дуже високий) і $r = 0,78$ (високий). Це свідчить про вплив погодних умов і особливостей сорту на ці показники. У результаті отримано рівняння

регресії цієї залежності:

$y = 9,8329x + 407,07$ ($R^2 = 0,49$) для сорту КВС Еміл,

$y = 6,913x + 525,5$ ($R^2 = 0,82$) для сорту Ріно

де y – натура зерна, г/л;

x – маса 1000 зерен, г (рис. 4.5).

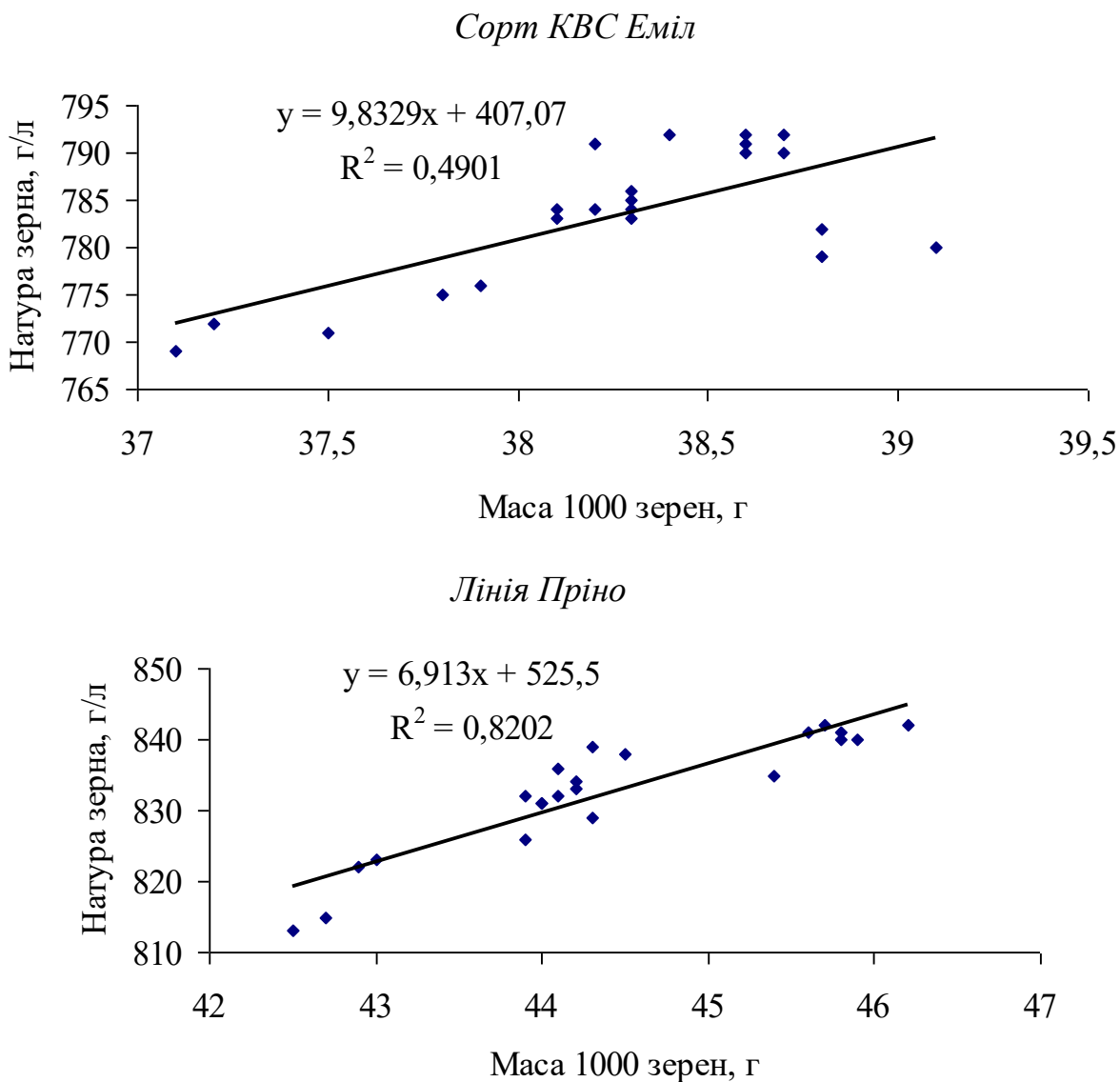


Рис. 4.5 Кореляційна залежність між натурою зерна та масою 1000 зерен різностиглих сортів пшениці м'якої озимої

Індекс твердості зерна, отриманий за результатами ближньої інфрачервоної спектроскопії, змінювався залежно від сорту та удобрення пшениці м'якої озимої за індексу стабільності 0,90–0,94 (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

**Індекс твердості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої
залежно від системи удобрення, од. п.**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		42,6	38,7	44,7	42,0
N ₇₅		48,6	44,4	63,2	52,1
N ₁₅₀		51,7	47,5	64,2	54,5
P ₆₀ K ₈₀		42,3	38,2	36,3	38,9
N ₁₅₀ K ₈₀		51,5	47,3	64,3	54,4
N ₁₅₀ P ₆₀		51,7	47,4	64,3	54,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		51,4	47,2	63,6	54,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		52,6	48,2	64,9	55,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		51,5	47,4	65,1	54,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		51,8	47,9	64,4	54,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		51,6	47,5	64,4	54,5
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		64,2	60,2	58,7	61,0
N ₇₅		70,4	65,4	71,2	69,0
N ₁₅₀		71,5	66,3	75,9	71,2
P ₆₀ K ₈₀		65,6	60,4	45,2	57,1
N ₁₅₀ K ₈₀		71,8	66,9	77,0	71,9
N ₁₅₀ P ₆₀		71,6	66,3	43,6	60,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		70,7	65,8	72,8	69,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		71,8	66,5	82,2	73,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		71,2	66,0	67,9	68,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		71,8	66,7	82,9	73,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		71,9	66,8	77,1	71,9
HIP ₀₅	A	1,5	1,2	1,7	—
	B	1,2	1,0	1,3	—

Встановлено, що в сорту КВС Еміл у середньому за три роки досліджень на нього найбільше впливала азотна складова повного мінерального добрива. Так, цей показник зростав від 42,0 од. п. до 52,1 або на 14 % за внесення N₇₅ і до 54,5–55,2 од. п., або на 21–24 % у варіантах застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив. За фосфорно-калійної системи удобрення він майже не змінювався і становив 38,9 од. п.

У сорту Ріно твердість зерна була в 1,4–1,5 раза вищою порівняно з сортом КВС Еміл залежно від варіанту дослідів. Так, вона зростала від 61,0 од. п. у варіанті без добрив до 69,0–73,5 од. п. або на 9–11 % залежно від системи удобрення. Із систем удобрення найменше впливало застосування $P_{60}K_{80}$.

Індекс твердості зерна змінювався залежно від погодних умов року дослідження з достовірним впливом азотної складової системи удобрення і сорту. Так, у 2020 р. в сорту КВС Еміл він становив 42,6–52,6 од. п., а в 2021 р. – 38,7–48,2 од. п. залежно від варіанту дослідів. У сорту Ріно відповідно 64,2–71,8 і 60,2–66,8 од. п.

Відомо, що за індексу твердості ≥ 60 од. п. зерно відноситься до твердозерного типу, 54–60 – середньотвердозерного, ≤ 54 од. п. – м'якозерного типу [1]. Отже, за цим показником зерно пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл було м'якозерного типу, а сорту Ріно – твердозерного в усі роки проведення досліджень.

Індекс твердості зерна пшениці м'якої озимої прямо пропорційно залежав від вмісту білка в зерні. Так, між ними у 2020–2021 рр. встановлено дуже високий кореляційний зв'язок (відповідно $r = 0,91$ і $r = 0,94$). У сорту Ріно він також був дуже високим і становив відповідно $r = 0,96$ і $r = 0,95$. У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності з високим коефіцієнтом апроксимації

$$y = 4,6003x - 12,038 \quad (R^2 = 0,83) \text{ для сорту КВС Еміл,}$$

$$y = 4,1954x - 1,793 \quad (R^2 = 0,88) \text{ для сорту Ріно}$$

де y – твердість зерна, од. п. ;

x – вміст білка, % (рис. 4.6).

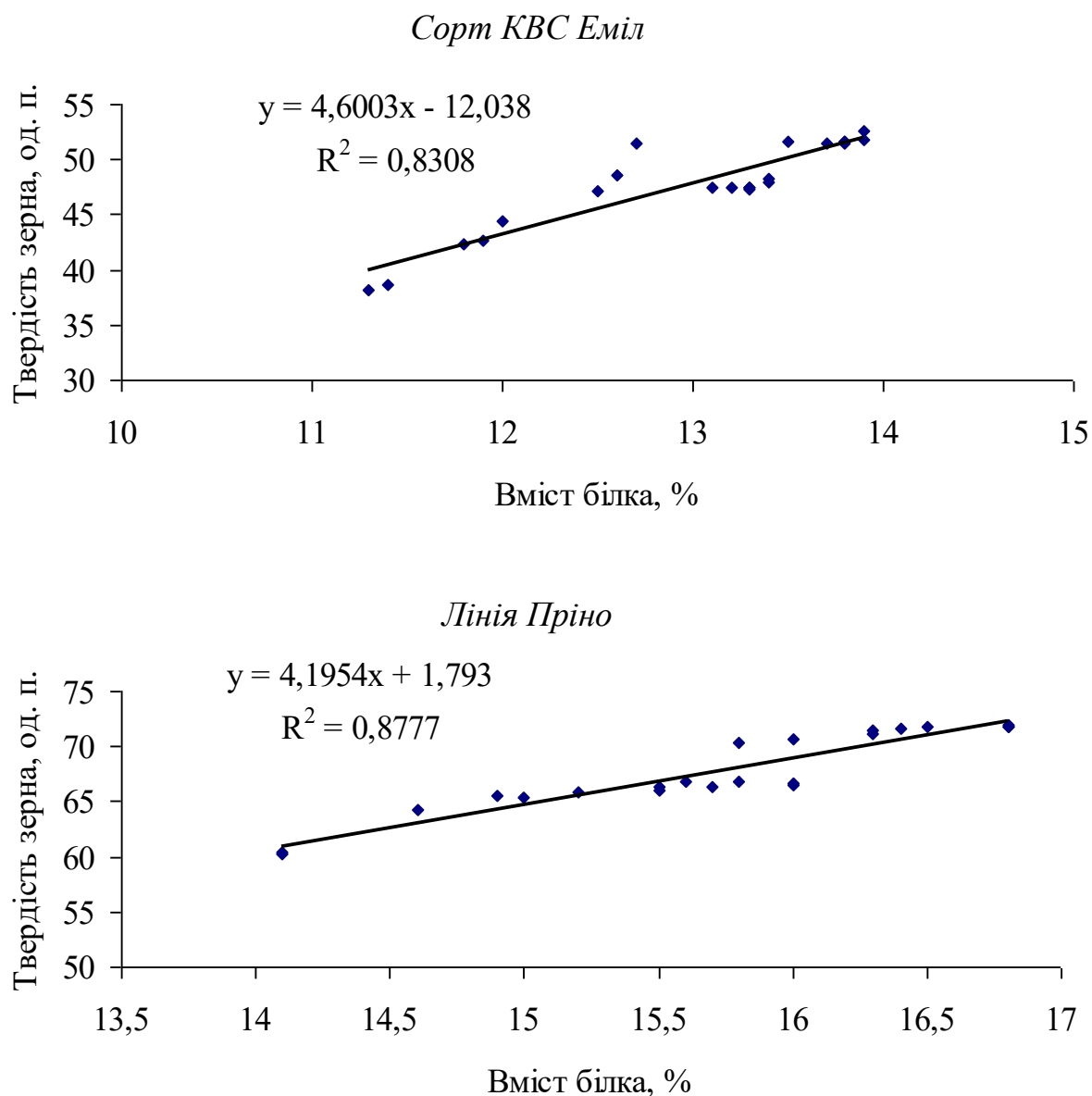


Рис. 4.6 Кореляційна залежність між твердістю зерна та вмістом білка в ньому різностиглих сортів пшениці м'якої озимої

Вміст білка достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов. При вирощуванні досліджених сортів пшениці м'якої озимої вміст білка може змінюватись від 12,8 до 15,1 %. Погодні умови вегетаційного періоду можуть змінювати цей показник від 13,1 до 14,7 %. За вмістом білка зерно лінії Пріно достовірно переважає сорт КВС Еміл.

За показником збору білка сорт КВС Еміл (896 кг/га) має достовірну

перевагу порівняно з лінією Пріно (774 кг/га). Використання системи удобрення з дозою азотних добрив 150 кг/га д. р. дозволило збільшити цей показник до 848–984 кг/га. При вирощуванні лінії Пріно збір білка збільшується від 529 до 670–924 кг/га залежно від системи удобрення.

Ефективність удобрення пшениці м'якої озимої змінюється залежно від особливостей сорту та погодних умов. Пшениця м'яка озима сорту КВС Еміл має високу реакцію на застосування високих доз азотних добрив і формує урожайність на рівні 6,96–7,73 т/га залежно від варіанту досліду. У сорту Ріно врожайність збільшується лише до 4,23–5,60 т/га. В агротехнології пшениці м'якої озимої необхідно застосовувати 75–150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі $P_{30}K_{40}$. Така система удобрення забезпечує вміст в зерні сорту КВС Еміл білка 13,2–13,8 % і клейковини – 28,5–30,6 %, збір білка на рівні 965–1055 кг/га. У сорту Ріно ці показники відповідно становлять 15,5–16,3 %, 34,5–35,8 % і 810–880 кг/га. Крім цього, вирощування пшениці м'якої озимої сорту Ріно дозволяє раніше приступити до збирання.

Фізико-хімічні властивості зерна змінюються залежно від системи удобрення, сорту та погодних умов вегетаційного періоду. Зерно сорту Ріно має вищі показники фізико-хімічних властивостей. Так, маса 1000 зерен зростає від 43,2 до 43,6–45,2 г, натура зерна – від 820 до 831–838 г/л, вміст білка – від 14,4 до 15,4–16,4 % залежно від системи удобрення, тип твердості – твердозерний. У сорту КВС Еміл маса 1000 зерен зростає від 37,2 до 38,3–38,5 г, натура зерна – від 771 до 779–789 г/л, вміст білка – від 11,7 до 12,3–13,7 % залежно від системи удобрення, тип твердості – м'якозерний.

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Використання різних систем удобрення в дослідках достовірно збільшує врожайність зерна пшениці м'якої озимої. Так, застосування N_{75} ,

підвищує цей показник у 1,2 рази, а N_{150} – у 1,4 рази порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорних, калійних і фосфорно-калійних добрив достовірно збільшує врожайність зерна порівняно з азотними системами удобрення. Проте цей показник у варіанті $N_{150}P_{60}K_{80}$ збільшується лише на 10 % порівняно з азотною системою удобрення.

2. Урожайність з неповним поверненням фосфорно-калійних добрив лише на 2–3 % менший порівняно з повним мінеральним добривом. За умови застосування азотно-фосфорної та азотно-калійної системи удобрення урожайність на 5–7 % більша порівняно з азотною системою. При цьому цей показник був на 6 % менший порівняно з повним мінеральним добривом.

3. Найменше на врожайність зерна пшениці м'якої озимої впливає фосфорно-калійна система удобрення. Так, цей показник збільшується лише на 7 % порівняно з контролем. При цьому вплив чинника достовірний. Необхідно відзначити, що врожайність достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої. Так, цей показник за вирощування сорту КВС Еміл на 35 % більший порівняно з лінією Пріно.

4. Погодні умови упродовж років досліджень також достовірно впливають на врожайність зерна. У сприятливішому за погодними умовами 2022 р. цей показник на 20 % більший порівняно з 2020 р. Урожайність зерна в 2021 р. достовірно більший порівняно з 2020 р, проте менший порівняно з 2022 р. З-поміж досліджуваних культиварів пізньостиглий сорт КВС Еміл характеризується ліпшою, ніж ранньостигла лінія Пріно, врожайністю. Найвищі її значення одержано в сприятливому 2022 р., найнижчі – у 2020 р. Негативний вплив погодних умов на формування врожаїв зерна обох сортів зменшують завдяки застосуванню добрив.

5. Застосування азотних добрив достовірно впливає на вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої. Так, цей показник зростає від 12,3 у варіанті

без добрив до 14,7 % залежно від системи удобрення. Слід відзначити, що фосфорно-калійна система не впливає на вміст білка. При цьому доза азотних добрив має різний вплив на цей показник. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищує вміст білка до 13,5 % або на 10 % порівняно з контролем. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив вміст білка зростає до 14,2 % або на 15 %. Застосування азотних добрив з фосфорно-калійними сприяє зростанню цього показника лише на 2–4 %.

6. Вміст білка достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов. За вирощування сортів пшениці озимої вміст білка може змінюватись від 12,8 до 15,1 %. Погодні умови вегетаційного періоду можуть змінювати цей показник від 13,1 до 14,7 %.

7. Найбільший умовний збір білка забезпечує застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив на фосфорно-калійному тлі. За такого сценарію удобрення він становить 1010–1053 кг/га або більше в 1,9–2,0 раза порівняно з варіантом без добрив (523 кг/га). Застосування N_{75} збільшує його в 1,4 раза, а внесення N_{150} – у 1,8 раза. У варіанті досліді $P_{60}K_{80}$ збір білка лише на 9 % вищий порівняно з контролем.

8. Достовірно менший збір білка отримано за вирощування пшениці м'якої сорту Ріно – 540–917 кг/га. При цьому тенденція впливу систем удобрення подібна до сорту КВС Еміл. Застосування азотних добрив підвищує його в 1,2–1,7 раза залежно від варіанту досліді.

9. Незважаючи на формування вищого вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої в 2020 р., збір білка вищий в 2021 р. Так, за вирощування сорту КВС Еміл цей показник на 11–17 %, а в сорту Ріно – на 14–23 % вищий порівняно з 2020 р. Крім цього, необхідно відзначити, що стабільність збору білка зростає за внесення повного мінерального добрива.

10. У середньому за три роки проведення досліджень вміст клейковини у зерні пшениці м'якої сорту КВС Еміл зростає від 24,7 до

26,1 % або на 6 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив і до 28,7 %, або на 16 % за внесення N_{150} . У варіанті досліді з повним мінеральним добривом ($N_{75}P_{30}K_{40}$) її вміст зростає до 27,4 % або на 11 %, а за подвійної дози добрив – до 29,8 %, або на 21 %. Неповне повернення в ґрунт, винесених з урожаннями фосфору і калію з добривами, істотно не знижує вмісту клейковини у зерні порівняно з повним мінеральним добривом. При цьому індекс стабільності її вмісту зростає від 1,16 у варіанті без добрив до 1,03–1,13 залежно від системи удобрення. Вміст клейковини у зерні сорту Ріно істотно вищий порівняно з сортом КВС Еміл і в середньому за три роки досліджень зростає на 9 % за внесення N_{75} і на 11 % у варіанті досліді N_{150} . У варіанті з повним мінеральним добривом вміст клейковини 36,4 %, а індекс стабільності вищий порівняно з сортом КВС Еміл – 1,02–1,06.

11. Вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл за сприятливіших погодних умов 2020 р. становить 26,5–30,9 %, а в 2021 р. – 22,8–28,9 %. У зерні сорту Ріно її вміст відповідно 32,3–37,2 і 30,8–35,6 % залежно від варіанту досліді.

12. Натура зерна обох сортів пшениці м'якої озимої збільшується як у середньому, так і за роки проведення досліджень з індексом стабільності 0,98–1,00. Так, у середньому за три роки проведення досліджень вона збільшується в сорту КВС Еміл від 771 до 779–789 г/л або на 1–2 % залежно від системи удобрення. Зерно сорту Ріно має на 6 % більшу натуру зерна порівняно з сортом КВС Еміл. У середньому вона збільшується від 820 до 831–838 г/л за внесення добрив або лише на 1–2 %.

13. Індекс твердості зерна, отриманий за результатами ближньої інфрачервоної спектроскопії, змінюється залежно від сорту та удобрення пшениці м'якої озимої за індексу стабільності 0,90–0,94. Встановлено, що в сорту КВС Еміл у середньому за три роки досліджень на нього найбільше впливає азотна складова повного мінерального добрива. Так, цей показник зростає від 40,7 од. п. до 46,5 або на 14 % за внесення N_{75} і до 49,3–

50,4 од. п., або на 21–24 % у варіантах застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив. За фосфорно-калійної системи удобрення він майже не змінюється і становить 40,3 од. п.

14. У сорту Ріно твердість зерна в 1,4–1,5 раза вища порівняно з сортом КВС Еміл залежно від варіанту дослідів. Так, вона зростає від 62,2 од. п. у варіанті без добрив до 67,9–69,2 од. п. або на 9–11 % залежно від системи удобрення. Із систем удобрення найменше впливає застосування $P_{60}K_{80}$.

15. Індекс твердості зерна змінюється залежно від погодних умов року дослідження з достовірним впливом азотної складової системи удобрення і сорту. Так, у 2020 р. в сорту КВС Еміл він становить 42,6–52,6 од. п., а в 2021 р. – 38,7–48,2 од. п. залежно від варіанту дослідів. У сорту Ріно відповідно 64,2–71,8 і 60,2–66,8 од. п.

Результати, подані в розділі, висвітлено в працях [219, 218, 205, 112, 113, 211].

РОЗДІЛ 5

ЗАСВОЄННЯ СКЛАДОВИХ ЖИВЛЕННЯ РІЗНИМИ СОРТАМИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Вирощування високоврожайних культур за новітніми технологіями, дефіциту мінеральних добрив, зміни погодно-кліматичних умов у бік посушливості та нестабільного зволоження впродовж вегетаційного періоду загострює питання дисбалансу мінерального живлення рослин [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Збалансоване мінеральне живлення рослин забезпечується внесення відповідної кількості в оптимальній пропорції макро- та мікроскладових залежно від властивостей ґрунту та вимог сільськогосподарських культур. Однак, нині співвідношення складових живлення у структурі внесених добрив в Україні суттєво змінилося в сторону азотних добрив із 1 : 0,6 : 0,65 (N : P₂O₅ : K₂O) на 1 : 0,29 : 0,26, що нижче середнього показника у світі (1 : 0,47 : 0,37) і розвинутих країн (1 : 0,57 : 0,55) [148]. Оптимальне поєднання складових живлення впливає на їх збалансоване засвоєння рослиною, сприяє кращому метаболізму азоту й вуглеводів, що поліпшує якість одержаного врожаю [30].

Нині робота селекційних центрів направлена на створення сортів пшениці озимої з високою щільністю стеблостою, які здатні продукувати урожайність зерна 10,0–14,0 т/га [18]. Вважається, що генетичні спроможності сортів є основою високої їх продуктивності, але її реалізація в умовах виробництва залежить від адаптованості до погодних умов і мінерального живлення [27].

Кількість засвоєних складових живлення пшеницею озимою обумовлена складною взаємодією рослин, ґрунту, добрив і довкілля, а саме: властивостями ґрунтів, гідротермічними умовами вегетаційного періоду, рівнем удобрення, генетично обумовленими особливостями фізіології рослин тощо. Перші три чинники більше досліджені, а їхній

вплив згладжує сортові відмінності поглинання складових живлення рослинами. Поряд з цим була встановлена реакцію сортів пшениці озимої на зміну умов довкілля [213] та рівень удобрення [81]. Показано, що реакція сортів на удобрення також істотно залежить від погодних умов вегетації [51]. Удобрювальні продукти, згідно пункту 3.3 «Міжнародного кодексу поведінки в області сталого використання добрив та управління ними» (схвалений на 41-й сесії Конференції FAO, червень 2019 р.,) рекомендується застосовувати з урахуванням специфічних потреб в елементах живлення сортів і гібридів за їх іагностикою відповідно до стадій розвитку рослин. Тому для формування стратегії підвищення ефективності засвоєння окремих складових живлення пшеницею озимою важливо розуміти взаємодію генотипу, довкілля та складових технології вирощування [36]. Пропонується [207] ще під час сортовипробування нових сортів пшениці озимої визначати особливості засвоєння окремими елементами живлення порівняно із національними сортами-стандартами.

5.1 Вміст основних складових живлення в зерні та соломі

З підвищенням генетичної продуктивності сортів пшениці озимої вони стають більш вразливими до впливу абіотичних чинників – більше пошкоджуються шкідливими організмами, потребують ліпшого мінерального живлення, особливо азотом [109].

Вміст складових живлення в рослинах змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних і агротехнологічних умов вирощування. Дослідженнями географічної мережі дослідів з добривами встановлено географічну залежність хімічного складу пшениці озимої. Зокрема, вміст азоту в зерні збільшується від зони Полісся до зони Степу. Вміст фосфору менший у зерні пшениці, вирощеної на чорноземах, ніж на підзолистих ґрунтах. Вміст калію в соломі значно вищий у зоні Степу [107]. Разом з

цим, виявлено значне варіювання вмісту основних складових живлення в зерні та соломі пшениці навіть одного сорту, але за різних систем удобрення [160]. На концентрацію складових живлення у надземній частині пшениці озимої істотно впливають погодні умови періоду після відновлення весняної вегетації та удобрення, і менше – генотипові особливості різних сортів і ґрунтово-кліматичні умови вирощування [159].

Для росту й розвитку рослин пшениці озимої фізіологічна роль азоту є основною. Він впливає на формування фотосинтетичного апарату та інтенсивність фотосинтезу. Вже до початку колосіння пшениця озима засвоює 2/3 необхідного їй азоту, а на кінець фази цвітіння поглинання його припиняється [20].

Вміст складових живлення в генеративних органах сільськогосподарських культур, у тому числі в насінні, характеризується відносно сталими показниками. Це пов'язано, насамперед, із генетичною спадковістю рослинного організму. Накопичення складових живлення в зерні проходить поглинанням кореневою системою рослини подоланням низки фізіологічних бар'єрів.

До нині в Україні немає нормативних показників винесення складових живлення, тому вчені пропонують користуватися регіональними нормативними значеннями. Зокрема, наводяться такі значення винесення з 1 т зерна: N – 22,7 кг, P₂O₅ – 8,0 і K₂O – 5,5 кг, а з 1 т соломи – відповідно 5,7 кг, 1,9 і 10,7 кг [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. У методиці [85] нормативний вміст у соломі дещо інший: N – 5,1 кг, P₂O₅ – 1,6 і K₂O – 9,9 кг. Інші вчені [104] наводять дещо вищі показники у зерні, а саме: N – 25,0 кг, P₂O₅ – 8,5 і K₂O – 6,5 кг, а в соломі – відповідно 5,0 кг, 2,0 та 9,0 кг.

Наскільки є мінливими показники вмісту основних складових живлення в зерні та соломі пшениці озимої, підтверджується аналізом даними з літературних джерел [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Так, у зерні межі вмісту азоту 1,44–2,99 %, P₂O₅ – 0,34–1,50 і K₂O – 0,44–0,81 %, а в соломі –

відповідно 0,16–0,74 %, 0,021–1,44 та 0,86–0,67 %.

Результати проведених досліджень показують, що вміст азоту в зерні пшениці озимої залежить від різних чинників (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Вміст азоту в зерні різних сортів пшениці м'якої озимої залежно
від системи удобрення, % на суху масу**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		2,09	2,00	1,88	1,99
N ₇₅		2,21	2,11	2,19	2,17
N ₁₅₀		2,37	2,30	2,26	2,31
P ₆₀ K ₈₀		2,07	1,98	1,84	1,96
N ₁₅₀ K ₈₀		2,40	2,33	2,28	2,34
N ₁₅₀ P ₆₀		2,42	2,33	2,26	2,34
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		2,23	2,19	2,23	2,22
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		2,44	2,35	2,30	2,36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		2,42	2,32	2,30	2,35
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		2,44	2,35	2,28	2,36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		2,42	2,33	2,28	2,35
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		2,56	2,47	1,98	2,34
N ₇₅		2,77	2,63	2,28	2,56
N ₁₅₀		2,86	2,72	2,39	2,65
P ₆₀ K ₈₀		2,61	2,47	1,93	2,34
N ₁₅₀ K ₈₀		2,89	2,74	2,58	2,74
N ₁₅₀ P ₆₀		2,88	2,75	2,56	2,73
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		2,81	2,67	2,33	2,60
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		2,95	2,81	2,65	2,80
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		2,86	2,72	2,61	2,73
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		2,95	2,81	2,63	2,80
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		2,95	2,77	2,61	2,78
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,07	0,06	0,04	—
	B	0,05	0,03	0,02	—

Встановлено, що вміст азоту в зерні пшениці озимої змінюється в досить широких межах – від 1,84 до 2,45 % на суху масу залежно від погодних умов і мінерального живлення. Найвищий вміст азоту

забезпечувало внесення повного мінерального добрива у дозі $N_{150}P_{60}K_{80}$. У середньому за три роки проведення досліджень на тлі внесення фосфорних і калійних добрив, з урахуванням HP_{05} , спостерігалась лише тенденцію підвищення вмісту азоту в зерні. Необхідно також зазначити, що в зерні сорту КВС Еміл за зменшення дози внесення калійних добрив з 80 до 40 кг/га д. р. вміст азоту не зменшувався, тоді як за зменшення дози фосфорних добрив (варіанти $N_{150}P_{30}K_{40}$ і $N_{150}P_{30}K_{80}$) спостерігалась незначна тенденція зниження його вмісту.

Щодо лінії Пріна, то одночасне зниження в складі повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) доз фосфорних і калійних добрив удвічі – відповідно від 30 і 40 кг/га д. р., вміст азоту в зерні достовірно знижувався в усі роки проведення досліджень, а в середньому за три роки – на 0,07 % на суху масу.

Погодні умови вегетаційного періоду мали суттєвий вплив на вміст азоту в зерні. Так, навіть на ділянках з внесенням повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) вміст азоту у зерні сорту КВС Еміл змінювався в межах 2,30–2,44, а в лінії Пріно – 2,65–2,95 % на суху масу. Середній відсотковий вміст азоту в зерні складав 2,45.

Отже, незалежно від удобрення та погодних умов вегетаційного періоду лінія пшениці озимої Пріно порівняно із сортом КВС Еміл здатна накопичувати більше азоту в перерахунку на суху масу. При цьому вміст азоту в зерні від удобрення підвищувався в середньому за три роки досліджень у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ у сорту КВС Еміл на 19 %, а у лінії Пріно – на 20 %. Це співпадає з оцінюванням інших учених [70], що частка удобрення у зміні вмісту азоту в рослинах складає 36 % і є другим за величиною чинником після погодних умов.

Вміст фосфору в зерні пшениці озимої, порівняно з азотом, змінювався менш істотно – в межах 0,71–0,80 % на суху масу (табл. 5.2). Цей показник менше залежить від погодних умов вегетаційного періоду та

більше від удобрення. Необхідно також зазначити, що у зерні сорту Піно спостерігалось накопичення більше фосфору. На нашу думку це пояснюється нижчим рівнем сформованого врожаю.

Таблиця 5.2

**Вміст фосфору (P_2O_5) у зерні різних сортів пшениці м'якої озимої
залежно від системи удобрення, % на суху масу**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,75	0,72	0,71	0,73
N ₇₅		0,75	0,73	0,72	0,73
N ₁₅₀		0,76	0,73	0,72	0,74
P ₆₀ K ₈₀		0,77	0,76	0,75	0,76
N ₁₅₀ K ₈₀		0,77	0,72	0,72	0,74
N ₁₅₀ P ₆₀		0,78	0,78	0,79	0,78
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,77	0,74	0,76	0,76
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,79	0,79	0,80	0,79
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,78	0,74	0,76	0,76
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,79	0,79	0,80	0,79
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,77	0,75	0,76	0,76
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		0,78	0,75	0,74	0,76
N ₇₅		0,78	0,76	0,75	0,76
N ₁₅₀		0,79	0,76	0,76	0,77
P ₆₀ K ₈₀		0,80	0,79	0,77	0,79
		0,79	0,76	0,75	0,77
N ₁₅₀ P ₆₀		0,81	0,80	0,78	0,80
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,80	0,77	0,77	0,78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,82	0,81	0,80	0,81
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,80	0,77	0,78	0,78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,82	0,81	0,80	0,81
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,80	0,78	0,78	0,79
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,02	0,02	0,01	—
	B	0,02	0,01	0,01	—

Щодо впливу різних видів мінеральних добрив на вміст фосфору в сухій масі, то наприклад у сорту КВС Еміл за внесення лише азотних добрив у дозі N₁₅₀ відмічено тільки тенденцію підвищення (на 0,01 % на

суху масу), тоді як за внесення P_{60} на тлі $N_{150}K_{80}$ – воно було достовірним (на 0,05 %). За внесення калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. спостерігалась також тенденція підвищення вмісту фосфору в зерні.

У середньому по досліді – з урахуванням погодних умов і удобрення вміст фосфору в зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл становив 0,76 %, а у лінії Пріно – 0,78 % на суху масу.

Таблиця 5.3

**Вміст калію (K_2O) в зерні різних сортів пшениці м'якої озимої
залежно від системи удобрення, % на суху масу**

Варіант дослідіу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,48	0,47	0,50	0,48
N ₇₅		0,48	0,48	0,50	0,49
N ₁₅₀		0,49	0,49	0,51	0,50
P ₆₀ K ₈₀		0,51	0,50	0,53	0,51
N ₁₅₀ K ₈₀		0,53	0,52	0,55	0,53
N ₁₅₀ P ₆₀		0,48	0,48	0,51	0,49
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,51	0,52	0,55	0,53
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,52	0,54	0,57	0,54
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,51	0,52	0,56	0,53
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,51	0,52	0,56	0,53
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,52	0,54	0,57	0,54
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		0,52	0,50	0,54	0,52
N ₇₅		0,52	0,51	0,54	0,52
N ₁₅₀		0,52	0,52	0,55	0,53
P ₆₀ K ₈₀		0,53	0,54	0,57	0,55
N ₁₅₀ K ₈₀		0,54	0,55	0,58	0,56
N ₁₅₀ P ₆₀		0,52	0,52	0,54	0,53
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,53	0,53	0,56	0,54
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,55	0,56	0,59	0,57
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,53	0,53	0,56	0,54
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,53	0,54	0,56	0,54
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,55	0,56	0,58	0,56
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,01	0,01	0,01	—
	B	0,01	0,01	0,01	—

Фізіологічна роль калію для пшениці озимої полягає у активуванні фізіологічних процесів у рослинах, підвищенні їх морозо- та посухостійкості [74]. Засвоєння рослинами калію відбувається впродовж усієї вегетації, проте найінтенсивніше він поглинається на стадії виходу в трубку та колосіння [35]. Дефіцит калію у цей період негативно впливає на формування колосу. Тому система удобрення пшениці озимої калійними добривами має бути направлена на створення оптимального калійного живлення рослин упродовж усього вегетаційного періоду [14].

Як видно з даних табл. 5.3, вміст калію в зерні пшениці озимої займає проміжне положення між азотом і фосфором і змінюється від 0,47 до 0,57 % на суху масу у сорту КВС Еміл і від 0,50 до 0,59 % – у лінії Пріно. Як і за вмістом фосфору, так і калію перевагу мала лінія Пріно.

Залежно від погодних умов вміст калію в зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл на ділянках досліду з внесенням $N_{150}P_{60}K_{80}$ змінювався в межах 0,52–0,57 % на суху масу, тоді як у лінії Пріно становив 0,55–0,59 %. Необхідно також зазначити, що внесення калійних добрив лише на тлі азотних сприяло підвищенню вмісту калію в зерні пшениці озимої.

За три роки проведення досліджень середній вміст калію в зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл становив 0,52 %, а в лінії Пріно – 0,54 % на суху масу.

Вміст складових живлення у соломі більше віддзеркалює особливості поживного режиму ґрунту та удобрення, а ніж у зерні, оскільки накопичення їх в останньому знаходиться під генетичним контролем (табл. 5.4–5.6).

Таблиця 5.4

Вміст азоту в соломі різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, % на суху масу

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,30	0,32	0,34	0,32
N ₇₅		0,33	0,34	0,35	0,34
N ₁₅₀		0,35	0,35	0,36	0,35
P ₆₀ K ₈₀		0,30	0,31	0,34	0,32
N ₁₅₀ K ₈₀		0,36	0,35	0,36	0,36
N ₁₅₀ P ₆₀		0,36	0,35	0,36	0,36
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,34	0,35	0,35	0,35
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,36	0,36	0,37	0,36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,36	0,36	0,37	0,36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,37	0,36	0,36	0,36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,32	0,35	0,36	0,34
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		0,38	0,40	0,41	0,40
N ₇₅		0,40	0,42	0,42	0,41
N ₁₅₀		0,42	0,43	0,44	0,43
P ₆₀ K ₈₀		0,38	0,39	0,41	0,39
N ₁₅₀ K ₈₀		0,42	0,44	0,44	0,43
N ₁₅₀ P ₆₀		0,42	0,44	0,45	0,44
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,41	0,43	0,43	0,42
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,43	0,45	0,45	0,44
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,43	0,44	0,44	0,44
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,42	0,44	0,44	0,43
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,43	0,44	0,44	0,44
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,01	0,01	0,01	—
	B	0,01	0,01	0,01	—

Як видно з даних табл. 5.4, вміст азоту в соломі пшениці озимої, порівняно із зерном, є більш стабільним показником. Вміст азоту в соломі залежно від погодних умов, удобрення й сорту змінювався в межах 0,30–0,42 % на суху масу. При цьому істотно вищий вміст азоту був у соломі лінії Пріно – 0,38–0,42 % на суху масу, що свідчить про кращу реутилізацію азоту рослинами сорту КВС Еміл.

Таблиця 5.5

**Вміст фосфору (P_2O_5) у соломі різних сортів пшениці м'якої озимої
залежно від системи удобрення, % на суху масу**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,25	0,27	0,24	0,25
N ₇₅		0,25	0,27	0,24	0,25
N ₁₅₀		0,24	0,27	0,24	0,25
P ₆₀ K ₈₀		0,27	0,28	0,26	0,27
N ₁₅₀ K ₈₀		0,22	0,27	0,24	0,24
N ₁₅₀ P ₆₀		0,25	0,27	0,27	0,26
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,24	0,27	0,25	0,25
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,24	0,28	0,28	0,27
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,24	0,27	0,25	0,25
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,25	0,28	0,25	0,26
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,25	0,27	0,25	0,26
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		0,27	0,28	0,25	0,27
N ₇₅		0,27	0,28	0,25	0,27
N ₁₅₀		0,25	0,28	0,24	0,26
P ₆₀ K ₈₀		0,29	0,29	0,26	0,28
N ₁₅₀ K ₈₀		0,27	0,28	0,25	0,27
N ₁₅₀ P ₆₀		0,29	0,30	0,27	0,29
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,28	0,29	0,26	0,28
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,29	0,30	0,27	0,29
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,28	0,29	0,26	0,28
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,29	0,30	0,27	0,29
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,28	0,29	0,26	0,28
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,01	0,01	0,01	—
	B	0,01	0,01	0,01	—

Також встановлено, що фосфорні й калійні добрива на тлі парних комбінацій основних складових живлення не впливали на вміст азоту в соломі обох сортів пшениці озимої. На ділянках дослід з внесення повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀) залежно від погодних умов вегетаційного періоду вміст калію в соломі змінювався в межах 0,36–0,37 % на суху масу в сорту КВС Еміл, а у лінії Пріно – в межах 0,43–

0,45 %.

Середній вміст азоту в соломі сорту КВС Еміл у досліді становив 0,35 %, а в лінії Пріно – 0,42 % на суху масу.

Вміст фосфору в соломі пшениці озимої змінювався в межах 0,22–0,28 % на суху масу залежно від погодних умов, удобрення та сорту (табл. 5.5). Залежно від погодних умов вегетаційного періоду вміст фосфору в соломі на ділянках досліді без добрив у сорту КВС Еміл був 0,24–0,27 % на суху масу, а в лінії Пріно – 0,25–0,28 %. Лінія Пріно характеризувалась дещо вищим середнім по досліді вмістом фосфору (0,28 % P_2O_5 на суху масу).

Вміст калію в соломі пшениці озимої в проведеному досліді змінювався в межах 0,81–1,03 % на суху масу (табл. 5.6). Найбільший вплив на цей показник мав сорт, а потім особливості удобрення. Погодні умови вегетаційного періоду неістотно впливали на вміст калію в соломі, що можна пояснити достатнім забезпеченням рослин калієм на чорноземі опідзоленому. На підвищення вмісту калію в рослинах найбільше впливало поліпшення їх азотного живлення, тоді як вплив фосфорних добрив був несуттєвим. Зниження дози калійних добрив (з 80 до 40 кг/га д. р.) у складі повного мінерального добрива істотно знижувало вміст калію в соломі. В середньому по досліді вміст калію в соломі пшениці озимої сорту ЕВС Еміл становив 0,86 % K_2O на суху масу, а лінії Пріно – 1,03 %.

Таблиця 5.6

**Вміст калію (K_2O) в соломі різних сортів пшениці м'якої озимої
залежно від системи удобрення, % на суху масу**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,83	0,85	0,82	0,83
N ₇₅		0,83	0,84	0,82	0,83
N ₁₅₀		0,83	0,83	0,81	0,82
P ₆₀ K ₈₀		0,87	0,87	0,85	0,86
N ₁₅₀ K ₈₀		0,91	0,88	0,87	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀		0,84	0,84	0,82	0,83
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,89	0,86	0,84	0,86
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,92	0,89	0,88	0,90
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,90	0,86	0,84	0,87
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,90	0,87	0,84	0,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,92	0,89	0,88	0,90
Лінія Пріно					
Без добрив (контроль)		0,94	1,02	1,04	1,00
N ₇₅		0,94	1,00	1,04	0,99
N ₁₅₀		0,94	0,99	1,02	0,98
P ₆₀ K ₈₀		0,97	1,06	1,07	1,03
N ₁₅₀ K ₈₀		1,01	1,10	1,10	1,07
N ₁₅₀ P ₆₀		0,94	1,00	1,04	0,99
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,98	1,04	1,05	1,02
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		1,03	1,12	1,13	1,09
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		1,00	1,05	1,06	1,04
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,99	1,04	1,04	1,02
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		1,02	1,11	1,11	1,08
NIP ₀₅ за чинниками	A	0,02	0,03	0,03	—
	B	0,02	0,02	0,02	—

Загалом, варіювання вмісту основних складових живлення в соломі пшениці є значно більшим, аніж у зерні, оскільки, як уже зазначалося, ці показники не знаходяться під таким генетичним контролем, як хімічний склад зерна, а більше залежать від зовнішніх чинників (удобрення, погодних умови тощо).

У сухій масі різних частин урожаю пшениці озимої вміст основних

складових живлення накопичується в різних кількостях (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

**Розмах змін і коефіцієнт стабільності вмісту основних складових
живлення в зерні та соломі сортів пшениці озимої залежно від
удобрєння**

Елемент живлення	Вміст на суху масу, %			Коефіцієнт стабільності, %
	мінімальний	максимальний	середній	
Сорт КВС Еміл				
N	1,84/0,30	2,44/0,37	2,25/0,35	73/80
P ₂ O ₅	0,71/0,22	0,80/0,28	0,76/0,26	88/77
K ₂ O	0,47/0,81	0,57/0,92	0,52/0,86	81/87
Лінія Пріно				
N	1,93/0,38	2,95/0,45	2,64/0,42	61/87
P ₂ O ₅	0,74/0,25	0,82/0,30	0,78/0,28	90/82
K ₂ O	0,50/0,94	0,59/1,13	0,54/1,03	87/82

Примітка. До риски – показники у зерні, після риски – у соломі.

Під час росту рослин згідно з ефектом «ростового розбавлення» (dilution effect) концентрація складових живлення у їх тканинах зменшується [42]. Це може бути критичним для формування врожаю пшениці озимої, тому використовується у листовій діагностиці живлення рослин [90].

Стабільність вмісту основних складових живлення в зерні пшениці озимої збільшується обернено пропорційно їхньому абсолютному вмісту і становить 61–90 %. При цьому найменш стабільним був вміст азоту в зерні.

5.2 Винесення основних складових живлення з урожаєм і баланс їх у ґрунті

Інтенсивність обігу складових живлення в агроценозі будь-якої сільськогосподарської культури і сівозміни у цілому зростає за інтенсивних технологій вирощування. Це позначається на показниках балансу, потребує додаткового вивчення і має супроводжуватись оптимізацією мінерального живлення рослин.

Значна строкатість ґрунтово-кліматичних умов України зумовлює формування не тільки різної продуктивності пшениці озимої, а й різну дію мінеральних добрив. Найбільша їх ефективність у Карпатах, на Поліссі та в Західному Лісостепу, дещо нижча – в умовах нестійкого зволоження Лісостепу, ще нижча – у Степу [149]. Диференціація ефективності мінеральних добрив дозволяє визначити раціональну дозу добрив під озиму пшеницю в окремих регіонах України, розробити конкретні рекомендації з урахуванням нормативних показників приросту врожаю. Для кожного типу ґрунту характерна специфічна залежність приростів врожаю озимої пшениці від удобрення [186].

Господарське винесення складових живлення врожайми сільськогосподарських культур є важливим показником як для розрахунку доз внесення добрив, такі їх балансу.

Ефективність застосування азотних добрив під пшеницю озиму залежить від забезпечення рослин фосфором і калієм [3]. За даними [217] на ґрунтах з підвищеним вмістом рухомих фосфатів винесення пшеницею озимою азоту збільшується.

Інтенсивність накопичення азоту в рослинах сильно залежить від погодних умов [1]. Підтвердження цього є щорічні показники господарського винесення азоту (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

**Господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи різних сортів
пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл				
Без добрив (контроль)	93,1	108,9	126,1	109,4
N ₇₅	130,8	150,8	171,6	151,1
N ₁₅₀	168,0	192,3	188,6	183,0
P ₆₀ K ₈₀	99,8	119,0	133,0	117,3
N ₁₅₀ K ₈₀	190,4	197,8	196,3	194,8
N ₁₅₀ P ₆₀	193,6	201,7	194,5	196,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	148,7	169,5	184,3	167,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	198,3	214,6	201,0	204,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	191,9	205,3	200,1	199,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	198,4	213,1	197,2	202,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	189,9	205,9	196,7	197,5
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	96,1	119,8	104,6	106,8
N ₇₅	117,4	144,1	142,3	134,6
N ₁₅₀	133,8	158,9	159,5	150,7
P ₆₀ K ₈₀	102,6	126,9	107,1	112,2
N ₁₅₀ K ₈₀	149,1	172,9	178,0	166,7
N ₁₅₀ P ₆₀	155,7	179,2	177,6	170,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	131,8	161,8	156,9	150,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	173,1	200,6	188,7	187,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	165,3	181,1	180,4	175,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	170,5	196,2	185,6	184,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	170,4	187,9	182,8	180,4

Дослідженнями встановлено, що винесення азоту пшеницею озимою із зерном і соломомою змінюється в значних межах –93,1–214,6 кг/га залежно від погодних умов вегетаційного періоду, удобрення та сорту. При цьому необхідно зазначити, що найбільший вплив на цей показник має система застосування добрив. Особливо її азотна складова. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/гад.р. у середньому за три роки проведення досліджень підвищувало винесення азоту порівняно з

неудобреними ділянками у сорту КВС Еміл відповідно на 38 і 67 %, а в лінії Пріно – на 26 і 42 %. Тобто рослини лінії Пріно менше реагує на поліпшення азотного живлення.

Внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант $P_{60}K_{80}$) підвищувало засвоєння азот з ґрунту на 5,4–7,9 кг/га або на 5–7 % залежно від сорту. За внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. на їх тлі підвищувало винесення азоту на 87,3 кг/га сортом КВС Еміл і на 75,3 кг/га лінією Пріно. При цьому необхідно зазначити, що внесення азотних добрив навіть не на високому тлі фосфорних і калійних, сприяє ліпшому засвоєнню азоту рослинами.

На ділянках досліду з парними комбінаціями основних складових живлення найбільший приріст господарського винесення азоту забезпечував варіант досліду $N_{150}P_{60}$. За внесення на цьому тлі калійних добрив у дозі 40 і 80 кг/га д. р. винесення азоту сортом КВС Еміл підвищувалось на 6,3–8,0 кг/га або на 3–4 %. Необхідно також зазначити, що рослини лінії Пріно за цим показником краще реагувала на внесення калійних добрив – приріст господарського винесення азоту підвищувався в середньому за три роки проведення досліджень на 6–10 %. Зниження в складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) дози фосфорних або калійних добрив удвічі, або обох з них (варіант $N_{150}P_{30}K_{40}$) у середньому зменшувало господарське винесення азоту на 1,5–7,9 кг/га або на 1–4 %.

Господарське винесення фосфору пшеницею озимою значно менше, ніж азоту (табл. 5.9).

У складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$), якщо порівнювати з парними комбінаціями основних складових живлення, винесення фосфору рослинами сорту КВС Еміл найбільше збільшувала азотна складова – на 52 %, фосфорна – на 12 і калійна – на 4 %. Аналогічні закономірності простежувалися і в лінії Пріно.

Зниження дози внесення фосфорних добрив до 30 кг/га д. р. у складі

повного добрива (варіант дослідів $N_{150}P_{30}K_{80}$) зменшувало господарське винесення фосфору пшеницею озимою незалежно від сорту.

Таблиця 5.9

Господарське винесення фосфору (P_2O_5) з урожаєм зерна та соломи різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га

Варіант дослідів	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл				
Без добрив (контроль)	43,1	50,8	57,2	50,4
N ₇₅	57,2	67,7	69,3	64,7
N ₁₅₀	68,1	80,3	73,8	74,1
P ₆₀ K ₈₀	48,8	59,0	65,4	57,7
N ₁₅₀ K ₈₀	74,6	81,1	77,6	77,8
N ₁₅₀ P ₆₀	79,9	86,7	85,8	84,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	64,1	74,1	77,7	72,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	80,5	93,2	88,8	87,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	77,9	85,2	82,0	81,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	81,3	92,5	84,5	86,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	79,8	86,4	81,7	82,6
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	38,7	48,2	45,6	44,2
N ₇₅	44,4	55,5	56,0	52,0
N ₁₅₀	47,6	59,3	59,7	55,5
P ₆₀ K ₈₀	42,6	53,8	49,6	48,7
N ₁₅₀ K ₈₀	54,6	64,0	64,2	60,9
N ₁₅₀ P ₆₀	60,0	69,9	67,0	65,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	50,4	62,8	63,2	58,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	65,7	77,9	71,0	71,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	62,3	69,4	66,9	66,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	65,0	76,7	70,5	70,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	62,8	71,6	67,7	67,4

Як і на винесення азоту, на винесення фосфору найбільше впливає внесення азотних добрив як окремо, так і в поєднанні з фосфорними і калійними добривами. Винесення фосфору також залежало від умов вегетаційного періоду і збільшувалося навіть на ділянках дослідів без добрив за більш сприятливої погоди на 9,5–14,2 кг/га або на 25–33 %

залежно від сорту.

Господарське винесення калію, як азоту й фосфору, найбільше залежало від умов азотного живлення рослин, ніж від доз калійних добрив (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

Господарське винесення калію (K₂O) з урожаєм зерна та соломи різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл				
Без добрив (контроль)	73,2	83,5	96,1	84,3
N ₇₅	98,9	112,1	115,3	108,8
N ₁₅₀	119,4	132,3	122,4	124,7
P ₆₀ K ₈₀	83,1	95,7	107,3	95,4
N ₁₅₀ K ₈₀	149,2	142,9	144,1	145,4
N ₁₅₀ P ₆₀	138,5	138,0	134,9	137,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	118,7	126,3	131,2	125,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	154,2	155,9	148,4	152,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	147,0	145,4	141,9	144,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	149,9	150,7	141,8	147,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	152,7	151,4	147,0	150,4
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	72,3	94,3	91,7	86,1
N ₇₅	84,2	108,4	111,6	101,4
N ₁₅₀	92,6	115,5	118,3	108,8
P ₆₀ K ₈₀	78,2	105,3	99,0	94,2
N ₁₅₀ K ₈₀	111,7	136,9	141,2	129,9
N ₁₅₀ P ₆₀	109,9	129,2	129,1	122,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	96,5	124,6	129,1	116,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	129,8	161,6	149,7	147,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	122,8	141,1	136,7	133,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	123,5	148,7	137,7	136,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	126,7	152,6	144,6	141,3

Як видно з даних табл. 5.10, у середньому за три роки проведення досліджень рослини сорту КВС Еміл більше виносили калію, ніж лінії Пріно. Лише в умовах 2021 року винесення калію лінією Пріно було дещо більшим.

За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) у середньому за три роки проведення досліджень винесення калію порівняно з неудобреними ділянками збільшувалося на 68,5 кг/га сортом КВС Еміл і лінією Пріно – на 60,9 кг/га або відповідно на 45 і 41 %.

На тлі парних комбінацій основних складових живлення азотна складова в повному мінеральному добриві ($N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяла підвищенню господарського винесення калію сортом КВС Еміл на 60 %, фосфорна – на 5 і калійна – на 11 %. Зменшення в складі повного добрива частки фосфорних і калійних добрив удвічі зменшувало винесення калію пшеницею озимою в середньому за три роки проведення досліджень лише на 1–2 % залежно від сорту.

Засвоєння складових живлення пшеницею озимою впродовж вегетації також залежить від умов зволоження. За достатнього вологозабезпечення засвоєння підвищується, тому рослини потребують внесення вищих доз мінеральних добрив. Ефективність добрив при цьому зростає [52]. Зокрема, за низьких показників вологості ґрунту споживання азоту та інших складових живлення рослинами суттєво зменшується [229].

Дослідженнями встановлено, що винесення основних складових живлення з урожаєм зерна сортами пшениці озимої більше залежить від його врожайності, ніж від їх відсоткового вмісту (додатки А 5.1–5.3).

Важливим показником для розроблення системи застосування добрив під сільськогосподарські культури є частка кожного основного елемента живлення у формуванні суми господарського їх винесення з урожаєм продукції. Як видно з даних табл. 5.11, ці показники відносно стабільні і мало залежать від системи удобрення. Так, у зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл частка азоту у господарському винесенні основних складових живлення становила 60–65 %, фосфору – 20–25 і калію – 14–16 %. При цьому необхідно звернути увагу, що з поліпшенням азотного живлення рослин у зерні збільшується вміст азоту і зменшується фосфору.

Таблиця 5.11

**Частка основних складових живлення від суми господарського їх
винесення пшеницею м'якою озимою залежно від системи удобрення,
2020–2022 рр.**

Варіант дослідів	Частка від суми господарського винесення, %					
	зерном			зерном і соломою		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл						
Без добрив (контроль)	62	23	15	45	21	35
N ₇₅	64	22	14	47	20	34
N ₁₅₀	65	21	14	48	19	33
P ₆₀ K ₈₀	60	24	16	43	21	35
N ₁₅₀ K ₈₀	65	20	15	47	19	35
N ₁₅₀ P ₆₀	65	22	14	47	20	33
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	63	22	15	46	20	34
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	64	21	15	46	20	34
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	65	21	15	47	19	34
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	64	22	14	46	20	34
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	64	21	15	46	19	35
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)	64	21	15	45	19	36
N ₇₅	66	20	14	47	18	35
N ₁₅₀	67	20	14	48	18	35
P ₆₀ K ₈₀	63	22	15	44	19	37
N ₁₅₀ K ₈₀	67	19	14	47	17	36
N ₁₅₀ P ₆₀	67	20	13	48	18	34
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	66	20	14	46	18	36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	67	19	14	46	18	36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	67	19	13	47	18	36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	67	20	13	47	18	35
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	67	19	14	46	17	36

У господарському винесенні основних складових живлення зерном і соломою пшениці озимої. Порівняно із зерном, зменшується частка азоту до 43–48 %, але збільшується частка калію – до 33–35 %. При цьому проходить лише незначне зниження частки фосфору – до 19–21 %. Ці дані

показують, що за умови залишення соломи на полі у ґрунт повертається значна частина калію, що був використаний для формування врожаю.

У пшениці озимої лінії Пріно розподіл основних складових живлення був аналогічний сорту КВС Еміл. Проте необхідно зазначити, що у її зерні більшу частку від суми вмісту основних складових живлення становив азот – 63–67 % залежно від системи удобрення.

Засвоєння складових живлення пшеницею озимою у різних ґрунтово-кліматичних умовах має певні відмінності [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Так, у Західному Поліссі відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ в зерні складає 1 : 0,29 : 0,22, у Правобережному Лісостепу – 1 : 0,30 : 0,20 і у Лівобережному Лісостепу – 1 : 0,32 : 0,23, тобто на одиницю фосфору припадає більше азоту, ніж було встановлено раніше. Особливо це проявляється за сприятливих умов вологозабезпечення. Залежно від сорту це відношення змінюється в межах 1 : 0,25–0,37 : 0,17–0,28. При цьому характерною особливістю зерна, вирощеного у Правобережному Лісостепі є більш високий вміст азоту. Разом з цим, виявлено значне варіювання вмісту основних складових живлення в зерні та соломі пшениці озимої певного сорту, вирощеного за різних систем удобрення. При цьому хімічний склад зерна є стабільнішим, аніж соломи. Найбільше змінювався вміст азоту (коефіцієнт варіації 17 %).

Залежність відношень $P_2O_5 : N$ від погодних умов ставить під сумнів надійність оцінювання дефіциту складових живлення рослин за нормативами цього показника, як це передбачено методологією DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System). Це стосується й інших методів, які враховують парні відношення складових [10]. Вчені встановили досить відмінні дані щодо відношення фосфору до азоту в зерні й соломі пшениці озимої. За даними [98] у зерні пшениці озимої воно становило 0,11–0,12 на неудобрених ділянках і 0,17–0,22 за високих доз добрив, а згідно досліджень [Ошибка! Источник ссылки не найден.] – відповідно 0,29 і 0,37. Узагальненням великої кількості досліджень проведених у Канаді та

Великобританії [12], показало, що середнє відношенню $P_2O_5 : N$ є в межах 0,36–0,39. У нових сортах пшениці озимої, створених у зарубіжних країнах, ширше відношення між азотом та фосфором, що свідчить про ефективніше використання азоту [8]. Також встановлено, що за ліпшого вологозабезпечення на одиницю фосфору приходитьсся більша кількість азоту [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Як видно з даних табл. 5.12, залежно від того, яка частина врожаю вивозиться з поля, ґрунт по-різному збіднюється на поживні речовини. Так, за видалення лише зерна, з ґрунту найбільше виноситься азоту, що в три рази більше ніж фосфору та у 4–5 разів більше ніж калію. застосування фосфорних і калійних добрив зменшує частку в зерні фосфору.

У зерні пшениці озимої лінії Пріно, порівняно із сортом КВС Еміл на одиницю азоту накопичується менше фосфору й калію. Щодо фосфору, це ж стосується і господарського винесення основних складових живлення зерном і відповідною кількістю соломи. При цьому необхідно зазначити, що у лінії Пріно зростає частка калію.

Отже, результати наших спостережень та літературні дані підтверджують висновок [2], що умови довкілля та особливості технології вирощування впливають на співвідношення основних складових живлення в урожаї.

Таблиця 5.12

**Відношення N : P₂O₅ : K₂O у господарському їх винесенні врожаєм
різними сортами пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення,
2020–2022 рр.**

Варіант досліджу	Відношення N : P ₂ O ₅ : K ₂ O в господарському винесенні	
	зерном	зерном і відповідною кількістю соломи
Сорт КВС Еміл		
Без добрив (контроль)	1 : 0,37 : 0,24	1 : 0,46 : 0,77
N ₇₅	1 : 0,34 : 0,23	1 : 0,43 : 0,72
N ₁₅₀	1 : 0,32 : 0,22	1 : 0,40 : 0,68
P ₆₀ K ₈₀	1 : 0,39 : 0,26	1 : 0,49 : 0,81
N ₁₅₀ K ₈₀	1 : 0,31 : 0,23	1 : 0,40 : 0,75
N ₁₅₀ P ₆₀	1 : 0,34 : 0,21	1 : 0,43 : 0,70
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	1 : 0,34 : 0,24	1 : 0,43 : 0,75
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1 : 0,34 : 0,23	1 : 0,43 : 0,75
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	1 : 0,32 : 0,23	1 : 0,41 : 0,73
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	1 : 0,34 : 0,23	1 : 0,42 : 0,73
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	1 : 0,32 : 0,23	1 : 0,42 : 0,76
Лінія Пріно		
Без добрив (контроль)	1 : 0,33 : 0,23	1 : 0,41 : 0,81
N ₇₅	1 : 0,30 : 0,21	1 : 0,39 : 0,75
N ₁₅₀	1 : 0,29 : 0,20	1 : 0,37 : 0,72
P ₆₀ K ₈₀	1 : 0,34 : 0,24	1 : 0,43 : 0,84
N ₁₅₀ K ₈₀	1 : 0,28 : 0,20	1 : 0,37 : 0,78
N ₁₅₀ P ₆₀	1 : 0,29 : 0,19	1 : 0,38 : 0,72
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	1 : 0,30 : 0,21	1 : 0,39 : 0,78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1 : 0,29 : 0,20	1 : 0,38 : 0,78
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	1 : 0,29 : 0,20	1 : 0,38 : 0,76
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	1 : 0,29 : 0,20	1 : 0,38 : 0,74
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	1 : 0,28 : 0,20	1 : 0,37 : 0,78

Більшість учених вважають живлення пшениці озимої завдяки удобренню є найвпливовішим чинником, що визначає засвоєння складових живлення. За даними [Ошибка! Источник ссылки не найден.], кількість азоту, що залишаються у ґрунті разом із післяживно-кореновими рештками пшениці озимої, змінюється залежно від удобрення від 4,7–6,1 кг/га до

13,2–15,1 кг/га для азоту, фосфору (P_2O_5) – від 4,2–5,1 до 8,6–9,8 і калію (K_2O) – від 7,2–8,6 кг/га до 16,5–19,8 кг/га. Це значно більше варіювання, ніж між сортами. Аналогічні закономірності було одержано й іншими ученими [106]. За даними [101] підживлення азотними добривами збільшувало винесення калію зерном, але зменшувало соломою. Однак, відносне винесення фосфору зерном і соломою за посилення азотного живлення зменшується. На засвоєння складових живлення пшеницею озимою також впливає поживний режим ґрунту [192], його водно-фізичні властивості та вологозабезпеченість [46].

Пшениця озима є однією з найвибагливіших сільськогосподарських культур до умов живлення серед зернових колосових. За сприятливих ґрунтово-кліматичних умов та інтенсивної технології її вирощування досягається економне використання складових живлення на формування одиниці товарного зерна.

З поліпшенням режиму мінерального живлення послаблюється негативний вплив погодних умов на ріст і розвиток пшениці озимої і проявляється генетична здатність сучасних її сортів формувати урожаї із ліпшими показниками якості. Встановлено, що за внесення мінеральних добрив вміст білка й клейковини у зерні пшениці озимої збільшується майже на 10 % [99]. Поглинання фосфору різними сортами пшениці озимої також має генетично обумовлені особливості. Це проявляється на морфологічному, фізіологічному та молекулярному рівнях [21].

За узагальненими даними досліджень наукових установ винесення пшеницею озимою становить, кг/т зерна: азот – 25–35, P_2O_5 – 10–12 і K_2O – 20–30 [150]. Для агрохімічних розрахунків пропонується користуватися такими усередненими даними вмісту в зерні пшениці озимої, % на суху масу: азоту – 1,86; фосфору – 0,7 і калію – 0,44 [214]. Проте ці показники не враховують сучасні реалії ґрунтово-кліматичних умов, особливостей системи застосування добрив, а також орієнтовані на сорти пшениці

озимої, що були створені в минулому столітті. Окрім того, на якість зерна впливають зональні особливості удобрення [208].

Виявлено, що вміст та співвідношення основних складових живлення в зерні й соломі пшениці озимої сучасних сортів відрізняється від тих, що були у виробництві раніше. За узагальненими даними середні показники винесення складових живлення з 1 т зерна складають, кг: азоту – 21,6; P_2O_5 – 6,5 і K_2O – 4,6, а з 1 т соломи – відповідно 4,9, 1,1 і 17,5 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. За даними В. В. Лихочвора пшениця озима виносить з 1 т зерна: 25–35 кг азоту; 11–13 кг P_2O_5 ; 20–27 кг K_2O ; 5 кг кальцію; 4 кг магнію; 3,5 кг сірки і 5 г бору; 8,5 г міді; 270 г заліза; 82 г мангану; 60 г цинку та 0,7 г молібдену [182].

Кількість винесених складових живлення рослинами з ґрунту на одиницю продукції не є сталою величиною, а залежать від погодно-кліматичних і ґрунтових умов, сортових особливостей культури, технології її вирощування (зокрема особливостей удобрення), тощо. Винесення складових живлення з одиницею врожаю пшениці озимої сортів сучасної селекції відрізняються від раніше виведених сортів. З 1 т зерна з ґрунту виноситься: N – 21,6 кг, P_2O_5 – 6,5 і K_2O – 4,6 кг, а з 1 т соломи – відповідно 4,9 кг, 1,1 і 17,5 кг. Сучасним сортам також притаманне більш вузьке відношення N : P_2O_5 – 1:0,3.

Показник відносного винесення основних складових живлення, як показують проведені дослідження й розрахунки. Залежить як від удобрення, так і від сортових особливостей пшениці озимої (табл. 5.13).

Добрива, особливо азотні, суттєво впливають на показник відносного винесення азоту, менше – фосфору й калію. Так, у сорту КВС Еміл відносне винесення азоту зерном у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ порівняно з контролем у середньому за роки проведення досліджень збільшувалась на 20 %, фосфору – на 10 і калію – на 12 %. у лінії Пріно ці показники відповідно становили 19, 8 і 9 %.

Таблиця 5.13

**Відносне винесення основних складових живлення з урожаєм
різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення,
2020–2022 рр.**

Варіант дослідів	Відносне винесення, кг/т					
	зерном			зерном і відповідною кількістю соломи		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл						
Без добрив (контроль)	17,0	6,2	4,2	22,0	10,1	17,0
N ₇₅	18,6	6,3	4,2	24,0	10,4	17,4
N ₁₅₀	19,8	6,3	4,3	25,4	10,3	17,4
P ₆₀ K ₈₀	16,7	6,5	4,4	21,6	10,7	17,7
N ₁₅₀ K ₈₀	20,1	6,3	4,6	26,1	10,4	19,5
N ₁₅₀ P ₆₀	20,1	6,7	4,2	26,1	11,1	18,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	19,1	6,5	4,6	24,7	10,6	18,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	20,3	6,8	4,7	26,4	11,3	19,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	20,2	6,5	4,6	26,3	10,8	19,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	20,2	6,8	4,6	26,3	11,2	19,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	20,1	6,5	4,7	25,9	10,8	19,8
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)	19,9	6,5	4,5	26,7	11,0	21,6
N ₇₅	21,7	6,5	4,5	29,0	11,2	22,1
N ₁₅₀	22,6	6,6	4,6	30,2	11,1	22,0
P ₆₀ K ₈₀	19,9	6,8	4,7	26,6	11,6	22,4
N ₁₅₀ K ₈₀	23,4	6,6	4,8	31,4	11,5	24,6
N ₁₅₀ P ₆₀	23,4	6,8	4,5	31,4	12,0	22,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	22,2	6,7	4,7	29,9	11,7	23,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	24,0	7,0	4,9	32,3	12,4	25,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	23,4	6,7	4,7	31,6	11,9	24,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	24,0	7,0	4,7	32,1	12,4	23,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	23,8	6,8	4,8	32,0	12,0	25,1

Відносне винесення основних складових живлення зерном і відповідною кількістю соломи також збільшувалося на тлі удобрення. Так, у варіанті дослідів з внесенням повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀)

винесення азоту, фосфору й калію сортом КВС Еміл відповідно збільшувалося на 20 %, 12 і 16 %, а в лінії Пріно – на 21, 13 і 18 %. Ці зміни необхідно враховувати під час розроблення системи застосування добрив під пшеницю озиму.

Як показують дані табл. 5.14, коефіцієнт використання азоту з добрив пшеницею озимою в більшій мірі залежить від сорту, ніж від погодних умов вегетаційного періоду й удобрення й змінювалося в досить широких межах – від 28,4 до 68,4 %. Залежно від погодних умов на ділянках дослідів з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60}K_{80}$ у сорту КВС Еміл він був у межах 44,7–61,4 %, тоді як у лінії Пріно був більш стабільним – 47,0–54,4 %.

Таблиця 5.14

**Коефіцієнт використання азоту з добрив різними сортами пшениці
м'якої озимої залежно від системи удобрення, %**

Варіант дослідів	Рік проведення дослідження		
	2020	2021	2022
Сорт КВС Еміл			
N_{75}	50,3	55,9	60,7
N_{150}	49,9	55,6	41,7
$N_{150}K_{80}$	64,9	59,3	46,8
$N_{150}P_{60}$	67,0	61,9	45,6
$N_{75}P_{30}K_{40}$	65,2	67,3	68,4
$N_{150}P_{60}K_{80}$	65,7	63,7	45,3
$N_{150}P_{30}K_{40}$	61,4	57,5	44,7
$N_{150}P_{60}K_{40}$	65,7	62,7	42,8
$N_{150}P_{30}K_{80}$	60,1	57,9	42,5
Лінія Пріно			
N_{75}	28,4	32,4	50,3
N_{150}	25,1	26,1	36,6
$N_{150}K_{80}$	35,3	35,4	48,9
$N_{150}P_{60}$	39,7	39,6	48,7
$N_{75}P_{30}K_{40}$	38,9	46,5	66,4
$N_{150}P_{60}K_{80}$	47,0	49,1	54,4
$N_{150}P_{30}K_{40}$	41,8	36,1	48,9
$N_{150}P_{60}K_{40}$	45,3	46,2	52,3
$N_{150}P_{30}K_{80}$	45,2	40,7	50,5

Примітка. За відсутності в схемі досліду варіантів з відповідними парними комбінаціями основних складових живлення розрахунків їх використання з добрив проводили у порівнянні з їх винесенням у варіанті досліду Без добрив (контроль).

Ефективність використання складових живлення з добрив трактується як здатність генотипів формувати високий урожай на ґрунтах, в яких уміст складових живлення є недостатнім для стандартного генотипу. Це пояснюється відмінностями реакції окремих сортів на рівень мінерального живлення, що пов'язано з морфологічними ознаками окремих форм, їх зимостійкістю та тривалістю окремих етапів органогенезу.

У середньому за три роки проведення досліджень рослини сорту КВС Еміл ліпше використовували азот мінеральних добрив (49,1–67,0 % залежно від системи удобрення), порівняно з рослинами пшениці озимої лінії Пріно (29,3–50,6 %) (табл. 5.15).

Коефіцієнт використання фосфору з добрив у досліді змінювався залежно від сорту й удобрення в межах 7,5–35,6 %, а калію – 10,1–41,5 %. При цьому необхідно зазначити, що пшениця озима лінії Пріно ліпше засвоює фосфор і калій порівняно із сортом КВС Еміл. Так, у варіанті досліду з половинними дозами фосфорних і калійних добрив ($N_{150}P_{30}K_{40}$) коефіцієнт використання фосфору й калію становив відповідно 25,3 і 19,3 % рослинами сорту КВС Еміл та 35,6 і 27,0 % лінією Пріно. При цьому, як зазначалося вище, коефіцієнт використання азоту з добрив у цьому варіанті досліду, навпаки був вищим у сорту КВС Еміл – відповідно 54,5 % проти 42,3 %.

Таблиця 5.15

**Коефіцієнт використання основних складових живлення з добрив
різними сортами пшениці м'якої озимої залежно від системи
удобрення, 2020–2022 рр.**

Варіант дослідів	Коефіцієнт використання, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл			
N ₇₅	55,6	—	—
N ₁₅₀	49,1	—	—
P ₆₀ K ₈₀	—	12,2	13,9
N ₁₅₀ K ₈₀	57,0	—	25,9
N ₁₅₀ P ₆₀	58,2	16,7	—
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	67,0	12,2	41,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	58,2	16,2	19,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	54,5	25,3	19,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	57,1	13,8	26,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	53,5	16,0	16,6
Лінія Пріно			
N ₇₅	37,0	—	—
N ₁₅₀	29,3	—	—
P ₆₀ K ₈₀	—	7,5	10,1
N ₁₅₀ K ₈₀	39,9	—	26,3
N ₁₅₀ P ₆₀	42,7	16,8	—
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	50,6	12,7	19,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	50,2	17,7	30,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	42,3	35,6	27,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	47,9	16,3	34,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	45,5	21,6	23,3

Примітка. За відсутності в схемі дослідів варіантів з відповідними парними комбінаціями основних складових живлення розрахунок їх використання з добрив проводили у порівнянні з їх винесенням у варіанті дослідів Без добрив (контроль) або з внесенням лише азотних добрив (N₇₅, N₁₅₀).

Під час формування ефективної системи удобрення сільськогосподарських культур з метою забезпечення сталих засад ведення виробництва зазвичай застосовують балансовий метод розрахунку доз

добрив. Основою його є співставлення джерел надходження складових живлення у ґрунт та їх винесення врожаями культур з поля. Серед основних чинників, що впливають на баланс складових живлення в ґрунті є величина біологічного врожаю та вміст у ньому складових живлення.

Баланс складових живлення є одним із основних чинників, що дозволяє оптимізувати систему удобрення в сівозміні й окремих сільськогосподарських культур, запобігти внесенню надлишку добрив і досягти безпечного техногенного навантаження в агроєкосистемах. Досягнення формування сталої продуктивності пшениці озимої потребує формування додатного балансу складових живлення у ґрунті за якого форми, дози і способи внесення удобрювальних продуктів мають забезпечити оптимальне живлення рослин.

Найефективнішою у формуванні додатного балансу складових живлення у ґрунті є органо-мінеральна система удобрення. Однак сучасне виробництво потерпає від дефіциту органічних добрив і порушення структури сівозмін. Нині у структурі балансу складових живлення основна частка належить мінеральним добривам, оптимізації їх доз, форм і способів внесення, використання на добриво нетоварної частини урожаю сільськогосподарських культур [163].

Азот є найважливішою складовою системи мінерального живлення пшениці озимої [71]. Для формування додатного його балансу необхідно враховувати багато джерел надходження в ґрунт і непродуктивні втрати. Нині основним джерелом надходження азоту в ґрунт є азотні мінеральні добрива. Вони становлять основу його балансу, а їх ефективне застосування сприяє отриманню високих і сталих урожаїв якісного зерна пшениці озимої [13].

Як показують проведені розрахунки, баланс основних складових живлення в ґрунті більше залежав від системи удобрення, ніж від сортів пшениці озимої (табл. 5.16).

Таблиця 5.16

Баланс основних складових живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Баланс за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл						
Без добрив (контроль)	-109,4	-50,4	-84,3	-84,9	-31,1	-20,8
N ₇₅	-76,1	-64,7	-108,8	-42,2	-39,6	-26,4
N ₁₅₀	-33,0	-74,1	-124,7	7,3	-45,5	-30,8
P ₆₀ K ₈₀	-117,3	2,3	-15,4	-90,9	24,6	56,0
N ₁₅₀ K ₈₀	-44,8	-77,8	-65,4	-0,2	-47,3	45,7
N ₁₅₀ P ₆₀	-46,6	-24,1	-137,1	-1,5	9,2	-31,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-92,5	-42,0	-85,4	-54,5	-14,2	9,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-54,6	-27,5	-72,8	-7,5	7,1	43,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-49,1	-51,7	-104,8	-3,0	-19,5	5,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-52,9	-26,1	-107,5	-6,0	7,4	4,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-47,5	-52,6	-70,4	-3,6	-19,9	44,3
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)	-106,8	-44,2	-86,1	-79,9	-26,1	-18
N ₇₅	-59,6	-52,0	-101,4	-26,1	-30,4	-21,0
N ₁₅₀	-0,7	-55,5	-108,8	36,8	-33,1	-22,9
P ₆₀ K ₈₀	-112,2	11,3	-14,2	-84,1	31,4	60,1
N ₁₅₀ K ₈₀	-16,7	-60,9	-49,9	25,6	-35,0	54,5
N ₁₅₀ P ₆₀	-20,8	-5,6	-122,7	22,2	22,6	-24,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-75,2	-28,8	-76,7	-36,6	-3,7	16,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-37,5	-11,5	-67,0	10,6	19,6	51,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-25,6	-36,2	-93,5	19,7	-7,4	14,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-34,1	-10,7	-96,6	12,4	20,0	13,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-30,4	-37,4	-61,3	15,6	-8,2	52,6

Як видно з даних табл. 5.16, за видалення поряд із зерном і соломи з поля в усіх варіантах досліджу, за виключенням N₁₅₀ на лінії Пріно, складався різко дефіцитний баланс азоту. Баланс фосфору при цьому був додатним

лише у варіанті досліді з парним поєднанням фосфорних і калійних добрив – 2,3–11,3 кг/га залежно від сорту пшениці озимої.

Порівняно з азотом і калієм потреба пшениці озимої у фосфорі є меншою. Фосфорні добрива під цю культуру вносяться у невисоких дозах (40–60 кг/га д. р.), що дозволяє забезпечувати додатний баланс фосфору в ґрунті.

Баланс калію за видалення соломи з поля також був дефіцитним, особливо на ділянках досліді з внесенням високих доз азотних добрив.

За умови залишення соломи на полі під час збирання врожаю баланс азоту значно поліпшувався і наближався до урівноваженого. При цьому необхідно зазначити, що на ділянках досліді з внесенням азотних добрив у дозі 75 кг/га д. р. він складався дефіцитним – –26,1...–54,5 кг/га залежно від сорту пшениці озимої та удобрення.

Внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. забезпечувало додатний баланс фосфору з показником 7,1–22,6 кг/га залежно від системи удобрення та сорту.

Необхідно також зазначити, що внесення фосфорних добрив у дозі 30 кг/га д. р. під пшеницю озиму лінії Пріно забезпечувало формування балансу фосфору з незначним дефіцитом (–3,7...–8,2 кг/га) залежно від системи удобрення.

Баланс калію у варіантах досліді з внесенням калійних добрив у дозі 40 і 80 кг/га д. р. складався додатним. Це свідчить про те, що на чорноземі опідзоленому дозу калійних добрив під пшеницю озиму можна знизити без істотного негативного впливу на калійний режим ґрунту і забезпечення рослин калієм.

Отже, якщо вся солома пшениці озимої буде зароблена у ґрунт, то значна частина азоту, що була засвоєна рослинами і зосереджена в надземній масі, повернеться в ґрунт. Нестача азоту в рослинах у кінці вегетації викликає його інтенсивну реутилізацію, унаслідок чого вміст

його в соломі може значно знижуватися. Удобрювальний ефект від такої соломи буде мінімальний, а її розкладання буде гальмуватися та потребуватиме додаткового внесення азотних добрив, або ж викликатиме небажану іммобілізацію азоту. Це важливо врахувати під час складання системи удобрення наступних культур [105]. Для формування оптимального балансу складових живлення в ґрунті під пшеницею озимою першочергова увага має бути направлена на поліпшення азотного живлення, досягнення урівноваженого балансу азоту за урівноваженого або додатного балансу фосфору та незначного дефіциту калію.

Розрахунок інтенсивності балансу основних складових живлення за вирощування різних сортів пшениці озимої показав, що за систем удобрення, що вивчалися в дослід і за умови видалення соломи з поля не забезпечується відновлення їх вмісту в ґрунті (табл. 5.17). При цьому найбільша частка поживних речовин повертається в ґрунт з добривами за внесення під пшеницю озиму $N_{150}P_{60}K_{80}$ – азоту 76,3–80,0 %, фосфору – 68,6–83,9 і калію – 52,4–54,4 % від винесеного з урожаєм.

За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках дослід з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складала 95,2–132,5 %.

Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечувало внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. була недостатньою для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах дослід з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складалася на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту пшениці озимої.

Таблиця 5.17

**Інтенсивність балансу основних складових живлення за
виращування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи
удобрення
(2020–2022 рр.), %**

Варіант дослідку	Інтенсивність балансу за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл						
N ₇₅	49,6	—	—	64,0	—	—
N ₁₅₀	82,0	—	—	105,1	—	—
P ₆₀ K ₈₀	—	104,0	83,9	—	169,5	333,3
N ₁₅₀ K ₈₀	77,0	—	55,0	99,9	—	233,2
N ₁₅₀ P ₆₀	76,3	71,3	—	99,0	118,1	—
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	44,8	41,7	31,9	57,9	67,9	129,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	73,3	68,6	52,4	95,2	113,4	220,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	75,3	36,7	27,6	98,0	60,6	115,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	73,9	69,7	27,1	96,2	114,1	114,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	75,9	36,3	53,2	97,7	60,1	224,1
Лінія Пріно						
N ₇₅	55,7	—	—	74,2	—	—
N ₁₅₀	99,5	—	—	132,5	—	—
P ₆₀ K ₈₀	—	123,2	84,9	—	209,8	402,0
N ₁₅₀ K ₈₀	90,0	—	61,6	120,6	—	313,7
N ₁₅₀ P ₆₀	87,8	91,5	—	117,4	160,4	—
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	49,9	51,0	34,3	67,2	89,0	170,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	80,0	83,9	54,4	107,6	148,5	281,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	85,4	45,3	30,0	115,1	80,2	154,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	81,5	84,9	29,3	109,0	150,0	148,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	83,1	44,5	56,6	111,6	78,5	292,0

Отже, калійна складова системи удобрення зазвичай не повинна бути направлена на формування додатного балансу цього елементу живлення в ґрунті. Валові запаси калію в ґрунтах України перевищують запаси азоту й фосфору, тому за інтенсивності його балансу 70–80 % зазвичай досягається

формування високих урожаїв без значного негативного впливу на ґрунтову систему [88].

Узагальнення даних наукової літератури і результати проведених досліджень, наведені у розділі 5, показують, що розміри засвоєння складових живлення пшеницею озимою обумовлені складною взаємодією рослин, ґрунту, добрив і довкілля, а саме: властивостями ґрунтів, гідротермічними умовами вегетаційного періоду, рівнем удобрення, генетично обумовленими особливостями фізіології рослин тощо.

Встановлено, що поглинання основних елементів живлення пшеницею озимою коригується генетичною специфікою сорту, погодними умовами у період вегетації і системою застосування добрив. Результати проведених досліджень показують наявність доволі значної варіабельності хімічного складу зерна пшениці озимої. Це обумовлено умовами її вирощування, живленням і сортовою специфікою мінерального живлення.

Результати проведених досліджень свідчать, що:

1. Вміст азоту в зерні пшениці озимої змінюється в досить широких межах – від 1,84 до 2,45 % на суху масу залежно від погодних умов і мінерального живлення. Найвищий вміст азоту забезпечує внесення повного мінерального добрива у дозі $N_{150}P_{60}K_{80}$. У середньому за три роки проведення досліджень на тлі внесення фосфорних і калійних добрив, з урахуванням NP_{05} , спостерігається лише тенденцію підвищення вмісту азоту в зерні. Необхідно також зазначити, що в зерні сорту КВС Еміл за зменшення дози внесення калійних добрив з 80 до 40 кг/га д. р. вміст азоту не зменшується, тоді як за зменшення дози фосфорних добрив (варіанти $N_{150}P_{30}K_{40}$ і $N_{150}P_{30}K_{80}$) спостерігається незначна тенденція зниження його вмісту.

Щодо лінії Пріно, то одночасне зниження в складі повного

мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) доз фосфорних і калійних добрив удвічі – відповідно від 30 і 40 кг/га д. р., вміст азоту в зерні достовірно знижується в усі роки проведення досліджень, а в середньому за три роки – на 0,07 % на суху масу.

Щодо впливу різних видів мінеральних добрив на вміст фосфору в сухій масі, то в сорту КВС Еміл за внесення лише азотних добрив у дозі N_{150} відмічено тільки тенденцію підвищення (на 0,01 % на суху масу), тоді як за внесення P_{60} на тлі $N_{150}K_{80}$ – воно достовірне (на 0,05 %). За внесення калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. спостерігається також тенденція підвищення вмісту фосфору в зерні.

2. У середньому по досліді – з урахуванням погодних умов і удобрення вміст фосфору в зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл становить 0,76 %, а в лінії Пріно – 0,78 % на суху масу.

Вміст калію в зерні пшениці озимої займає проміжне положення між азотом і фосфором і змінюється від 0,47 до 0,57 % на суху масу у сорту КВС Еміл і від 0,50 до 0,59 % – у лінії Пріно. Як і за вмістом фосфору, так і калію перевагу має лінія Пріно.

3. Дослідженнями встановлено, що винесення азоту пшеницею озимою із зерном і соломомою змінюється в значних межах – 93,1–214,6 кг/га залежно від погодних умов вегетаційного періоду, удобрення та сорту. При цьому необхідно зазначити, що найбільший вплив на цей показник має система застосування добрив. Особливо її азотна складова. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/га д. р. у середньому за три роки проведення досліджень підвищує винесення азоту порівняно з неудобреними ділянками у сорту КВС Еміл відповідно на 38 і 67 %, а в лінії Пріно – на 26 і 42 %. Тобто рослини лінії Пріно менше реагує на поліпшення азотного живлення.

Як і на винесення азоту, на винесення фосфору найбільше впливає внесення азотних добрив як окремо, так і в поєднанні з фосфорними і

калійними добривами. Винесення фосфору також залежить від умов вегетаційного періоду і збільшується навіть на ділянках досліду без добрив за більш сприятливої погоди на 9,5–14,2 кг/га або на 25–33 % залежно від сорту.

За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) у середньому за три роки проведення досліджень винесення калію порівняно з неудобреними ділянками збільшується на 68,5 кг/га сортом КВС Еміл і лінією Пріно – на 60,9 кг/га або відповідно на 45 і 41 %.

На тлі парних комбінацій основних складових живлення азотна складова в повному мінеральному добриві ($N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяє підвищенню господарського винесення калію сортом КВС Еміл на 60 %, фосфорна – на 5 і калійна – на 11 %. Зменшення в складі повного добрива частки фосфорних і калійних добрив удвічі зменшує винесення калію пшеницею озимою в середньому за три роки проведення досліджень лише на 1–2 % залежно від сорту.

4. У господарському винесенні основних складових живлення зерном і соломною пшениці озимої. Порівняно із зерном, зменшується частка азоту до 43–48 %, але збільшується частка калію – до 33–35 %. При цьому проходить лише незначне зниження частки фосфору – до 19–21 %. Ці дані показують, що за умови залишення соломи на полі у ґрунт повертається значна частина калію, що був використаний для формування врожаю.

У пшениці озимої лінії Пріно розподіл основних складових живлення аналогічний сорту КВС Еміл. Проте необхідно зазначити, що у її зерні більшу частку від суми вмісту основних складових живлення становить азот – 63–67 % залежно від системи удобрення.

5. Добрива, особливо азотні, суттєво впливають на показник відносного винесення азоту, менше – фосфору й калію. Так, у сорту КВС Еміл відносне винесення азоту зерном у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ порівняно з контролем у середньому за роки проведення досліджень

збільшувалась на 20 %, фосфору – на 10 і калію – на 12 %. У лінії Пріно ці показники відповідно становили 19, 8 і 9 %.

Відносне винесення основних складових живлення зерном і відповідною кількістю соломи також збільшується на тлі удобрення. Так, у варіанті досліду з внесенням повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) винесення азоту, фосфору й калію сортом КВС Еміл відповідно збільшується на 20 %, 12 і 16 %, а в лінії Пріно – на 21, 13 і 18 %. Ці зміни необхідно враховувати під час розроблення системи застосування добрив під пшеницю озиму.

6. Коефіцієнт використання азоту з добрив пшеницею озимою в більшій мірі залежить від сорту, ніж від погодних умов вегетаційного періоду й удобрення й змінюється в досить широких межах – від 28,4 до 68,4 %. Залежно від погодних умов на ділянках досліду з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60}K_{80}$ у сорту КВС Еміл він у межах 44,7–61,4 %, тоді як у лінії Пріно більш стабільний – 47,0–54,4 %.

Коефіцієнт використання фосфору з добрив у досліді змінюється залежно від сорту й удобрення в межах 7,5–35,6 %, а калію – 10,1–41,5 %. При цьому необхідно зазначити, що пшениця озима лінії Пріно ліпше засвоює фосфор і калій порівняно із сортом КВС Еміл. Так, у варіанті досліду з половинними дозами фосфорних і калійних добрив ($N_{150}P_{30}K_{40}$) коефіцієнт використання фосфору й калію становить відповідно 25,3 і 19,3 % рослинами сорту КВС Еміл та 35,6 і 27,0 % лінією Пріно. При цьому, як зазначалося вище, коефіцієнт використання азоту з добрив у цьому варіанті досліду, навпаки вищий у сорту КВС Еміл – відповідно 54,5 % проти 42,3 %.

7. За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках досліду з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складала 95,2–132,5 %. Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечує внесення фосфорних

добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. недостатня для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах дослід з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складалася на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту пшениці озимої.

Основні положення цього розділу викладено в таких публікаціях автора [115, 38, 210].

РОЗДІЛ 6

АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД СОРТИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Економічний розвиток суспільства зазвичай розвивається завдяки ефективному використанню мінеральних носіїв енергії, у тому числі й мінеральних добрив. Водночас запаси їх обмежені та в майбутньому можуть бути вичерпані. Для України – як країни-імпортера переважної більшості мінеральних добрив, це набуває особливого значення, тому що в умовах конкуренції навколо сировинних запасів, особливо фосфатної сировини, у майбутньому все тяжче буде досягти високої ефективності їх застосування.

В умовах підвищення цін на енергоносії, стале підвищення їх вартості та нестабільність постачання, а також зміни клімату та наростання проблем пов'язаних із забрудненням довкілля все більше стає актуальним впровадження в аграрний сектор економіки нових енергоощадних технологій і розвиток альтернативних джерел енергії. У першу чергу це повинно проходити завдяки впровадженню у виробництво нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур та управління їх мінеральним живленням. Це в перспективі сприятиме значному зменшенню енергетичної залежності галузі рослинництва. Залежно від природно-кліматичних умов регіону оптимізація доз різних видів добрив і їх поєднань може принести значні економічні вигоди.

Застосування різних видів мінеральних добрив, їх доз і поєднань, а також сортові особливості пшениці озимої змінюють у широких межах агрохімічну ефективність їх застосування (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Агрохімічна ефективність застосування добрив під сорти пшениці
м'якої озимої (у середньому за 2020–2022 рр.)**

Варіант досліджу	Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна, кг д. р.	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг зерна			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N + P ₂ O + K ₂ O
Сорт КВС Еміл					
N ₇₅	58	17,2	—	—	17,2
N ₁₅₀	68	14,6	—	—	14,6
P ₆₀ K ₈₀	326	—	—	—	3,1
N ₁₅₀ K ₈₀	93	—	—	3,6	10,8
N ₁₅₀ P ₆₀	82	—	6,0	—	12,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	81	—	—	—	12,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	105	15,5	3,5	2,6	9,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	85	—	—	—	11,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	92	—	—	4,0	10,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	99	—	5,0	—	10,1
Лінія Пріно					
N ₇₅	117	8,5	—	—	8,5
N ₁₅₀	150	6,7	—	—	6,7
P ₆₀ K ₈₀	636	—	—	—	1,6
N ₁₅₀ K ₈₀	176	—	—	3,9	5,7
N ₁₅₀ P ₆₀	144	—	7,7	—	7,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	142	—	—	—	7,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	161	10,5	8,2	4,3	6,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	142	—	—	—	7,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	145	—	—	6,8	6,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	159	—	11,0	—	6,3

Як видно з даних табл. 6.1, витрати добрив на формування однієї тонни приросту врожаю зерна залежно від сорту пшениці озимої та

особливостей удобрення змінювалися від 58 до 636 кг д. р. У сорту КВС Еміл ці витрати були значно меншими, наприклад у варіанті досліді N_{75} – у два рази, а у виробничому контролі ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – в 1,5 рази. У варіантах досліді з внесення парних комбінацій основних складових живлення найменші витрати добрив на формування однієї тонни приросту врожаю зерна були в обох сортів пшениці озимої за внесення $N_{150}P_{60}$, а найбільші – $P_{60}K_{80}$. Порівняно з цими варіантами досліді, кращі результати було отримано за внесення половинної дози повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – відповідно в сорту КВС Еміл 81 кг д. р./т зерна та 142 кг д. р./т зерна в лінії Пріно. У варіантах досліді зі зниженням дози внесення фосфорних і калійних добрив за цим показником найбільш ефективним був варіант досліді $N_{150}P_{30}K_{40}$ – у сорту КВС Еміл – 85 кг д. р./т зерна проти 105 кг д. р./т у виробничому контролі та у лінії Пріно – відповідно 142 проти 161 кг д. р./т зерна.

Окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив залежить як від їх виду, так і від поєднання з іншими видами добрив. Так, окупність 1 кг добрив змінювалася в широких межах – від 6,7–10,5 кг у лінії Пріно до 14,6–17,2 кг зерна у сорту КВС Еміл. При цьому необхідно звернути увагу, що лінія Пріно на фосфорно-калійному тлі краще окуплює одиницю азоту зерном, ніж сорт КВС Еміл. Так, у варіанті досліді $N_{150}P_{60}K_{80}$ порівняно з N_{150} окупність азоту добрив була вищою на 57 %, тоді як у сорту КВС Еміл – лише на 6 %.

Окупність діючої речовини фосфорних добрив залежала від дози їх внесення, поєднання з іншими видами добрив і сорту пшениці озимої та змінювалася у проведених дослідженнях від 3,5 до 11,0 кг зерна на 1 кг P_2O_5 . При цьому найвищу окупність фосфору добрив забезпечувала лінія Пріно у варіантах досліді $N_{150}P_{30}K_{80}$, тоді як у сорту КВС Еміл вона складала лише 5,0 кг зерна на 1 кг P_2O_5 .

Окупність калійних добрив, порівняно з азотними і фосфорними, була

найнижчою – 2,6–6,8 кг зерна/кг K_2O . Найнижча окупність калійних добрив була сортом пшениці озимої КВС Еміл у варіанті досліді з внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 2,6 кг зерна, а найвища – у варіанті $N_{150}P_{30}K_{40}$ лінією Пріно – 6,8 кг зерна. За внесення калійних добрив у дозі K_{80} на тлі N_{150} окупність 1 кг K_2O була в межах 3,6–3,9 кг зерна залежно від сорту пшениці озимої.

Окупність загальної дози 1 кг д. р. всіх видів мінеральних добрив, що вносилися у варіантах досліді змінювалася в досить широких межах – від 1,6 до 17,2 кг зерна. Внесення під пшеницю озиму лише азотних добрив забезпечує найвищу окупність – 14,6–17,2 кг зерна/кг азоту в сорту КВС Еміл і 6,7–8,5 кг зерна/кг азоту у лінії Пріно. Фосфорні й калійні добрива у варіантах досліді $P_{60}K_{80}$ мали найнижчу окупність – відповідно 3,1 і 1,6 кг зерна/кг д. р. Серед парних комбінацій складових живлення за цим показником найбільш ефективним було поєднане внесення під обидва сорти пшениці озимої азотних і фосфорних добрив.

У варіантах досліді з внесенням повного мінерального добрива у різних поєднаннях основних складових живлення в обох сортів пшениці озимої найвищу окупність 1 кг $N + P_2O + K_2O$ забезпечували варіанти досліді $N_{75}P_{30}K_{40}$ і $N_{150}P_{30}K_{40}$. При цьому показник окупності у сорту КВС Еміл порівняно з лінією Пріно був відповідно вищим на 76 і 69 %. При цьому необхідно зазначити, що в сорту КВС Еміл на ділянках досліді зі зниженням дози добрив із $N_{150}P_{30}K_{40}$ до $N_{75}P_{30}K_{40}$ окупність $N + P_2O + K_2O$ підвищувалась на 4 %.

Отже, агрохімічна ефективність застосування мінеральних добрив під пшеницю озиму значно залежить від їх видів, доз внесення, поєднань і сортів пшениці озимої.

Показники енергетичної ефективності застосування добрив під пшеницю озиму залежали від її сорту та системи удобрення і змінювалися в широких межах (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Енергетична ефективність застосування добрив під сорти
пшениці м'якої озимої (у середньому за 2020–2022 рр.)**

Варіант досліду	Енергоємність, ГДж/га		Чистий енергетичний дохід, ГДж/га	K _{се}	Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна, ГДж
	приросту врожаю зерна	застосування добрив			
Сорт КВС Еміл					
N ₇₅	21,2	6,5	14,7	2,27	5,0
N ₁₅₀	36,0	13,0	23,0	1,77	5,9
P ₆₀ K ₈₀	7,1	3,1	4,0	1,30	7,2
N ₁₅₀ K ₈₀	40,8	13,8	27,0	1,96	5,6
N ₁₅₀ P ₆₀	41,9	15,3	26,7	1,75	6,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	29,4	8,0	21,4	2,66	4,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	45,4	16,1	29,3	1,83	5,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	42,6	14,5	28,1	1,93	5,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	44,6	15,7	28,9	1,84	5,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	43,3	14,9	28,3	1,90	5,7
Лінія Пріно					
N ₇₅	10,5	6,5	4,0	0,62	10,1
N ₁₅₀	16,5	13,0	3,5	0,27	13,0
P ₆₀ K ₈₀	3,6	3,1	0,5	0,18	14,0
N ₁₅₀ K ₈₀	21,5	13,8	7,8	0,56	10,5
N ₁₅₀ P ₆₀	24,0	15,3	8,7	0,57	10,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	16,8	8,0	8,7	1,09	7,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	29,6	16,1	13,5	0,84	8,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	25,5	14,5	11,0	0,75	9,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	28,5	15,7	12,8	0,82	9,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	27,0	14,9	12,0	0,81	9,1

Енергоємність приросту врожаю зерна залежно від сорту пшениці озимої залежно від особливостей удобрення змінювалась від 3,6 до 44,6 ГДж/га або на 114 %. Найвищі її показники забезпечували системи удобрення з внесенням азотних і фосфорних добрив, менше калійних. Найвищу енергоємність урожаю зерна забезпечував сорт КВС Еміл у варіанті дослідів N₁₅₀P₆₀K₈₀. При цьому, зі зменшенням дози фосфорних, калійних або обох цих видів мінеральних добрив у складі повного мінерального добрива енергоємність приросту врожаю знижувалась у

сортів КВС Еміл на 2–6 %, а у лінії Пріно – на 4–14 %. Це свідчить, що лінія Пріно більш чутлива до збалансованого живлення основними елементами живлення.

Енерговитрати на застосування добрив залежали як від доз їх внесення, так і від поєднання в складі різних їх видів. Найбільш енергоємним є застосування азотних добрив, проте, як зазначалось вище, вони забезпечують і найліпшу окупність урожаєм зерна пшениці озимої.

Показник чистого енергетичного доходу в більшій мірі змінювався від сорту пшениці озимої, ніж від удобрення. Так, у сорту КВС Еміл порівняно з лінією Пріно у варіанті дослідів N_{75} він був вищим у 3,7 рази, а у виробничому контролі ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – у 2,2 рази.

Коефіцієнт енергетично ефективності застосування добрив під пшеницю озиму сорту КВС Еміл був вище одиниці і становив 1,30–2,66 залежно від системи удобрення, тоді як у лінії Пріно лише у варіанті дослідів $N_{75}P_{30}K_{40}$ він становив 1,09.

Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна змінювалась в досліді від 4,5 до 14,0 ГДж. Найнижчий її показник був отриманий у сорту КВС Еміл у варіанті дослідів $N_{75}P_{30}K_{40}$, це ж стосується і лінії Пріно. У варіанті дослідів виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна в лінії Пріно порівняно із сортом КВС Еміл була вищою на 53 %. Зниження дози фосфорних і калійних добрив у складі повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{30}K_{40}$) підвищувало цей показник порівняно з виробничим контролем ($N_{150}P_{60}K_{80}$) у лінії Пріно на 6 % і знижувало у сорту КВС Еміл на 3 %.

Розрахунок економічної ефективності застосування мінеральних добрив під сорти пшениці озимої показав значні відмінності в параметрах основних показників (табл. 6.3). Так, вартість отриманого приросту врожаю зерна в сорту КВС Еміл порівняно з лінією Пріно була вищою і становила 44000–62900 грн/га. При цьому вона була найвищою у варіанті

досліді $N_{150}P_{60}K_{80}$ і зменшувалась зі знижуванням доз внесення фосфорних і калійних добрив удвічі лише на 400–1400 грн/га. Виробничому контролю за цим показником майже не поступався варіант досліді без внесення калійних добрив – 61200 грн/га проти 62900 грн/га.

Таблиця 6.3

**Економічна ефективність застосування добрив під сорти пшениці
м'якої озимої (у середньому за 2020–2022 рр.)**

Варіант досліді	Показник				
	Урожайність, т/га	Вартість зерна, тис. грн/га	Витрати на виросування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності за умовно чистим прибутком, %
Сорт КВС Еміл					
N_{75}	6,29	50,9	12,7	38,2	301
N_{150}	7,19	58,2	22,5	35,7	159
$P_{60}K_{80}$	5,43	44,0	13,7	30,3	221
$N_{150}K_{80}$	7,48	60,6	24,9	35,7	143
$N_{150}P_{60}$	7,55	61,2	26,2	35,0	133
$N_{75}P_{30}K_{40}$	6,79	55,0	15,8	39,2	248
$N_{150}P_{60}K_{80}$	7,76	62,9	28,5	34,4	121
$N_{150}P_{30}K_{40}$	7,59	61,5	25,5	36,0	141
$N_{150}P_{60}K_{40}$	7,71	62,5	27,3	35,2	129
$N_{150}P_{30}K_{80}$	7,63	61,8	26,6	35,2	132
Лінія Пріно					
N_{75}	4,65	37,7	12,7	25,0	197
N_{150}	5,01	40,6	22,5	18,1	80
$P_{60}K_{80}$	4,23	34,3	13,7	20,6	150
$N_{150}K_{80}$	5,32	43,1	24,9	18,2	73
$N_{150}P_{60}$	5,47	44,3	26,2	18,1	69
$N_{75}P_{30}K_{40}$	5,03	40,7	15,8	24,9	158
$N_{150}P_{60}K_{80}$	5,81	47,1	28,5	18,6	65
$N_{150}P_{30}K_{40}$	5,56	45,0	25,5	19,5	77
$N_{150}P_{60}K_{40}$	5,74	46,5	27,3	19,2	70
$N_{150}P_{30}K_{80}$	5,65	45,8	26,6	19,2	72

Значно меншу вартість зерна з одиниці площі посіву пшениці озимої

забезпечувала лінія Пріно. Наприклад, у виробничому контролі ($N_{150}P_{60}K_{80}$) це зниження становило 15800 грн/га або на 25 %.

Вартість додатково отриманого зерна пшениці озимої та витрати на її вирощування формують показник умовно чистого прибутку. Як видно з даних табл. 6.3, найвищий умовно чистий прибуток за нинішніх цін на зерно та мінеральні добрива забезпечували варіанти дослідів з внесенням лише азотних добрив у дозі 75 кг д. р./га або повного мінерального добрива у дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$. При цьому рівень рентабельності за умовно чистим прибутком у сорту КВС Еміл становив відповідно 301 і 248 %, а у лінії Пріно – 197 і 158 %.

Внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60-30}K_{80-40}$ під сорт КВС Еміл знижувало рівень рентабельності застосування добрив під пшеницю озиму за умовно чистим доходом до 121–141 %, а під лінію Пріно – до 65–77 %.

Отже, застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні під пшеницю озиму незалежно від сорту і системи їх застосування є економічно виправданим і забезпечує умовно чистий прибуток 18100–39200 грн/га з рівнем рентабельності за умовно чистим доходом 65–301 %.

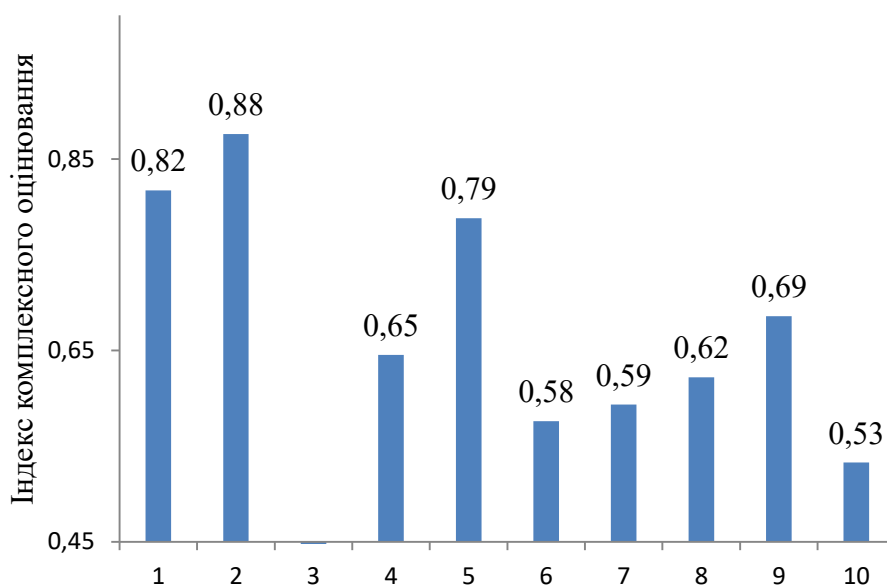
Як видно з рис. 6.1, найвищий індекс комплексного оцінювання системи удобрення пшениці озимої сорту КВС Еміл забезпечували варіанти дослідів з внесенням $N_{75}P_{30}K_{40}$ і N_{75} відповідно 1,02 і 0,99. Дещо їм поступалися варіанти дослідів з внесенням N_{150} , $N_{150}P_{60}$ і $N_{150}P_{60}K_{40}$. Ці варіанти дослідів лише на 0,2 од. поступалися варіанту $N_{150}P_{30}K_{40}$, що свідчить про можливість застосування цих систем удобрення.

Традиційна система удобрення ($N_{150}P_{60}K_{80}$) значно – на 0,22 одиниці поступалася варіанту дослідів $N_{75}P_{30}K_{40}$. Найнижчий індекс комплексного оцінювання (0,55) був за внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант $P_{60}K_{80}$).

За індексом комплексного оцінювання лінія пшениці озимої Пріно

дещо поступалася сорту КВС Еміл. При цьому необхідно зазначити, що він особливо знижувався за внесення лише азотних добрив у високій дозі (N_{150}) – до 0,72 (за показника у сорту КВС Еміл 0,94), а також за внесення азотних і калійних добрив ($N_{150} K_{80}$) – відповідно 0,81 і 0,93 од.

Сорт КВС Еміл



Лінія Пріно

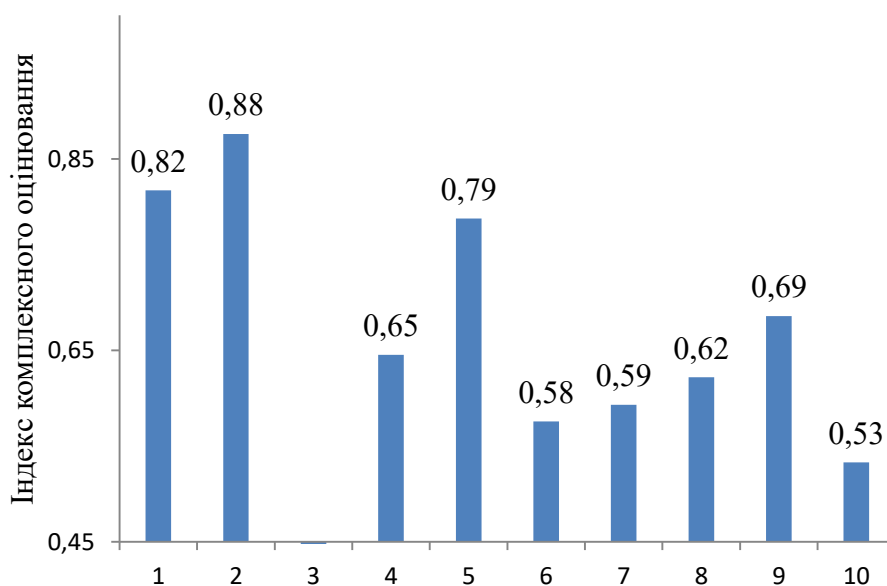


Рис. 6.1 Індекс комплексного оцінювання систем удобрення сортів пшениці м'якої озимої, 2020–2022 рр.: 1) N_{75} ; 2) N_{150} ; 3) $P_{60}K_{80}$; 4) $N_{150}K_{80}$; 5) $N_{150}P_{60}$; 6) $N_{75}P_{30}K_{40}$; 7) $N_{150}P_{60}K_{80}$; 8) $N_{150}P_{30}K_{40}$; 9) $N_{150}P_{60}K_{40}$;

10) $N_{150}P_{30}K_{80}$

Необхідно також зазначити, що варіант дослідів $N_{150}P_{60}K_{40}$ в обох сортів забезпечував майже однаковий індекс комплексного оцінювання – 0,93–0,94.

З огляду на численні публікації, питання ефективності застосування різних видів і доз мінеральних добрив з урахуванням підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, енергоощадження, економічної ефективності, дотримання екологічної рівноваги залишається малодослідженим. У зв'язку з цим, актуальним питанням є розробка теоретичних положень і практичних рекомендацій, що спрямовані на ефективне використання наявних і в перспективі можливих ресурсів мінеральних добрив з урахуванням природно-кліматичних особливостей регіону та сортової специфіки вирощування сільськогосподарських культур.

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив залежить як від їх виду, так і від поєднання з іншими видами добрив. Так, окупність 1 кг добрив змінювалася в широких межах – від 6,7–10,5 кг у лінії Пріно до 14,6–17,2 кг зерна у сорту КВС Еміл. При цьому необхідно звернути увагу, що лінія Пріно на фосфорно-калійному тлі краще окуплює одиницю азоту зерном, ніж сорт КВС Еміл. Так, у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ порівняно з N_{150} окупність азоту добрив була вищою на 57 %, тоді як у сорту КВС Еміл – лише на 6 %.

2. Найвищий умовно чистий прибуток отримано за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 39,2 тис. грн/га в сорту КВС Еміл. Чистий енергетичний дохід при цьому становить 21,4 ГДж/га, а окупність 1 кг NPK – 12,3 кг зерна. Умовно чистий прибуток за вирощування лінії Пріно менший і становить 24,9 тис. грн./га.

3. Найвищий індекс комплексного оцінювання системи удобрення пшениці озимої сорту КВС Еміл забезпечували варіанти дослідів з внесенням $N_{75}P_{30}K_{40}$ і N_{75} відповідно 1,02 і 0,99. Дещо їм поступались варіанти дослідів з внесенням N_{150} , $N_{150}P_{60}$ і $N_{150}P_{60}K_{40}$. Ці варіанти дослідів лише на 0,2 од. поступалися варіанту $N_{150}P_{30}K_{40}$, що свідчить про можливість застосування цих систем удобрення.

Результати, подані в розділі, висвітлено в працях [111, 212].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та нове вирішення питання оптимізації мінерального живлення різностиглих сортів пшениці м'якої озимої у польовій сівозміні на тлі заробляння в ґрунт нетоварної продукції культур, що дозволило сформулювати такі висновки:

1. У сорту КВС Еміл висота рослин мало змінюється залежно від року дослідження. Найбільше впливає застосування азотної складової порівняно з іншими видами добрив. Рослини лінії Пріно слабо реагують на застосування добрив у фазу ВВСН 22, проте висота рослин достовірно зростає впродовж інших періодів. У фазу ВВСН 93 висота рослин зростає від 71 до 80 см або на 27 % у 2020 р, від 68 до 77 см, або на 13 % у 2021 р. та від 65 до 84 см, або на 29 % у 2022 р. за внесення N_{150} .

2. Використання різних систем удобрення в дослідіх достовірно збільшує врожайність зерна пшениці м'якої озимої. Так, застосування N_{75} , підвищує цей показник у 1,2 рази, а N_{150} – у 1,4 рази порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорних, калійних і фосфорно-калійних добрив достовірно збільшує врожайність зерна порівняно з азотними системами удобрення. Проте цей показник у варіанті $N_{150}P_{60}K_{80}$ збільшується лише на 10 % порівняно з азотною системою удобрення.

Урожайність з неповним поверненням фосфорно-калійних добрив лише на 2–3 % менший порівняно з повним мінеральним добривом. За умови застосування азотно-фосфорної та азотно-калійної системи удобрення урожайність на 5–7 % більша порівняно з азотною системою. При цьому цей показник був на 6 % менший порівняно з повним мінеральним добривом.

Найменше на врожайність зерна пшениці м'якої озимої впливає фосфорно-калійна система удобрення. Так, цей показник збільшується

лише на 7 % порівняно з контролем. При цьому вплив чинника достовірний. Необхідно відзначити, що врожайність достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої. Так, цей показник за вирощування сорту КВС Еміл на 35 % більший порівняно з лінією Пріно.

3. Застосування азотних добрив достовірно впливає на вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої. Так, цей показник зростає від 12,3 у варіанті без добрив до 14,7 % залежно від системи удобрення. Слід відзначити, що фосфорно-калійна система не впливає на вміст білка. При цьому доза азотних добрив має різний вплив на цей показник. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищує вміст білка до 13,5 % або на 10 % порівняно з контролем. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив вміст білка зростає до 14,2 % або на 15 %. Застосування азотних добрив з фосфорно-калійними сприяє зростанню цього показника лише на 2–4 %.

Вміст білка достовірно змінюється залежно від сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов. За вирощування сортів пшениці озимої вміст білка може змінюватись від 12,8 до 15,1 %. Погодні умови вегетаційного періоду можуть змінювати цей показник від 13,1 до 14,7 %.

4. У середньому за три роки проведення досліджень вміст клейковини у зерні пшениці м'якої сорту КВС Еміл зростає від 24,7 до 26,1 % або на 6 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив і до 28,7 %, або на 16 % за внесення N_{150} . У варіанті досліді з повним мінеральним добривом ($N_{75}P_{30}K_{40}$) її вміст зростає до 27,4 % або на 11 %, а за подвійної дози добрив – до 29,8 %, або на 21 %. Неповне повернення в ґрунт, винесених з урожаєм фосфору і калію з добривами, істотно не знижує вмісту клейковини у зерні порівняно з повним мінеральним добривом. При цьому індекс стабільності її вмісту зростає від 1,16 у варіанті без добрив до 1,03–1,13 залежно від системи удобрення. Вміст клейковини у зерні сорту Ріно істотно вищий порівняно з сортом КВС Еміл і в середньому за три роки досліджень зростає на 9 % за внесення N_{75} і на 11 % у варіанті досліді N_{150} .

У варіанті з повним мінеральним добривом вміст клейковини 36,4 %, а індекс стабільності вищий порівняно з сортом КВС Еміл – 1,02–1,06.

Вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл за сприятливіших погодних умов 2020 р. становить 26,5–30,9 %, а в 2021 р. – 22,8–28,9 %. У зерні сорту Ріно її вміст відповідно 32,3–37,2 і 30,8–35,6 % залежно від варіанту досліду.

5. Дослідженнями встановлено, що винесення азоту пшеницею озимою із зерном і соломою змінюється в значних межах –93,1–214,6 кг/га залежно від погодних умов вегетаційного періоду, удобрення та сорту. При цьому необхідно зазначити, що найбільший вплив на цей показник має система застосування добрив. Особливо її азотна складова. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/гад. р. у середньому за три роки проведення досліджень підвищує винесення азоту порівняно з неудобреними ділянками у сорту КВС Еміл відповідно на 38 і 67 %, а в лінії Пріно – на 26 і 42 %. Тобто рослини лінії Пріно менше реагує на поліпшення азотного живлення.

На тлі парних комбінацій основних складових живлення азотна складова в повному мінеральному добриві ($N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяє підвищенню господарського винесення калію сортом КВС Еміл на 60 %, фосфорна – на 5 і калійна – на 11 %. Зменшення в складі повного добрива частки фосфорних і калійних добрив удвічі зменшує винесення калію пшеницею озимою в середньому за три роки проведення досліджень лише на 1–2 % залежно від сорту.

6. Коефіцієнт використання фосфору з добрив у досліді змінюється залежно від сорту й удобрення в межах 7,5–35,6 %, а калію – 10,1–41,5 %. При цьому необхідно зазначити, що пшениця озима лінії Пріно ліпше засвоює фосфор і калій порівняно із сортом КВС Еміл. Так, у варіанті досліду з половинними дозами фосфорних і калійних добрив ($N_{150}P_{30}K_{40}$) коефіцієнт використання фосфору й калію становить відповідно 25,3 і

19,3 % рослинами сорту КВС Еміл та 35,6 і 27,0 % лінією Пріно. При цьому, як зазначалося вище, коефіцієнт використання азоту з добрив у цьому варіанті досліду, навпаки вищий у сорту КВС Еміл – відповідно 54,5 % проти 42,3 %.

7. За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках досліду з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складала 95,2–132,5 %. Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечує внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. недостатня для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах досліду з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складалася на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту пшениці озимої.

8. Встановлено, що найвищий умовно чистий прибуток отримано за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 39,2 тис. грн/га в сорту КВС Еміл. Чистий енергетичний дохід при цьому становить 21,4 ГДж/га, а окупність 1 кг NPK – 12,3 кг зерна. Умовно чистий прибуток за вирощування лінії Пріно менший і становить 24,9 тис. грн./га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Агропідприємствам Правобережного Лісостепу для забезпечення відновлення родючості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового з низьким вмістом азоту легкогідролізованих сполук, підвищених – рухомих сполук фосфору й калію за середнього внесення в польовій сівозміні $N_{75}P_{30}K_{40}$ та заробляння в ґрунт нетоварної частини урожаю для оптимізації мінерального живлення пшениці озимої застосовувати мінеральні добрива в дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ågren G. I., Weih M. Plant stoichiometry at different scales: element concentration patterns reflect environment more than genotype. *New Phytologist*. 2012. № 194. P. 944–952. doi:10.1111/j.1469–8137.2012.04114. x.
2. Ågren G. I., Weih M. Plant stoichiometry at different scales: element concentration patterns reflect environment more than genotype. *New Phytologist*. 2012. № 194. P. 944–952. doi:10.1111/j.1469–8137.2012.04114. x.
3. Ahrends H. E., Eugster W., Gaiser T., Rueda-Ayala V., Hüging H., Ewert F., Siebert S. Genetic yield gains of winter wheat in Germany over 100 years (1895–2007) under contrasting fertilizer applications. *Environmental Research Letters*. 2018. Vol. 13. 104003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aade12>.
4. Akparov Z. I., Rustamov Kh. N., Jahangirov A. A., Hamidov H. N., Babayeva S. M., Abbasov M. A. Study of aborigine and breeding varieties of durum wheat (*T. durum* Desf.) of Azerbaijan. *Journal of Qafqaz University*. 2015. Vol. 3(2). P. 120–124.
5. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M., Alwahibi M. S., Al-Yahyai R., Hussain M. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. Article number 593.
6. Baimuratov A., Bastaubayeva S., Arslan M., Yeraliyeva Z. Effect of fertilizer application on winter wheat productivity under precision agriculture in Kazakhstan. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2021. Vol. 22(3). P. 1558–1563. doi: 10.13057/biodiv/d220362
7. Baimuratov A., Bastaubayeva S., Arslan M., Yeraliyeva Z. Effect of fertilizer application on winter wheat productivity under precision

- agriculture in Kazakhstan. *Biodiversitas*. 2021. Vol. 22. P. 1558–1563.
8. Barraclough P. B. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *Europ. J. Agronomy*. 2010. № 33. P. 1–11.
 9. Bezuglova O. S., Polienko E. A., Gorovtsov A. V., Lyhman V. A., Pavlov P. D. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. *Ann. Agrar. Sci.* 2017. Vol. 15. P. 239–242. doi:10.1016/j.aasci.2017.05.006.
 10. Bhaduri D., Pal Sh. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): Concept and Application on Nutritional Diagnosis of Plants: A Review. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2013. № 12(1). P. 70–79.
 11. Bushong J. T., Mullock J. L., Miller E. C., Raun W. R., Klatt A. R., Arnall D. B. Development of an in-season estimate of yield potential utilizing optical crop sensors and soil moisture data for winter wheat. *Precision Agriculture*. 2016. Vol. 17(4). P. 451–469.
 12. Campbell, C. A., Lafond, G. P., VandenBygaart, A. J., Zentner, R. P., Lemke, R., May W. E., Holzapfel C. B. Effect of crop rotation, fertilizer and tillage management on spring wheat grain yield and N and P content in a thin Black Chernozem: A long-term study. *Canadien Journal of Plant Science*. 2011. № 91. P. 467–483. doi: 10.4141/cjps10032.
 13. Cesevičienė J., Leistrumaitė A. and Paplauskienė V. Grain yield and quality of winter wheat varieties in organic agriculture. *Agronomy Research (Special issue I)*. 2009. № 217. P. 223.
 14. Chatzistathis T.. Physiological Importance of Manganese, Cobalt and Nickel and the Improvement of Their Uptake and Utilization by Plants. In *Plant Micronutrient Use Efficiency. Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants*. Academic Press. 2018. P. 123–135. doi: 10.1016/B978-0-12-812104-7.00008–3.
 15. Chen H., Deng A., Zhang W., Li W., Qi Y., Yang T., Zheng C., Cao C.,

- Chen F. Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat. *Crop J.* 2018. Vol. 6. P. 589–599.
16. Chugrii G. A. The formation of the yield of winter wheat depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald.* 2020. Vol. 111. P. 152–157. doi: 10.32851/2226–0099.2020.111.21
 17. Cousins O. H., Garnett T. P., Rasmussen A., Mooney S. J., Smernik R. J., Brien C. J., Cavagnaro T. R. Variable water cycles have a greater impact on wheat growth and soil nitrogen response than constant watering. *Plant Science.* 2020. Vol. 290. P. 110–126.
 18. Curtis T., Halford N. G. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. *Annals of Applied Biology.* 2011. 164. P. 354–372. <https://doi.org/10.1111/aab.12108>.
 19. Dai J., Wang Z., Li F., He G., Wang S., Li Q., Cao H., Luo L., Zan Y., Meng X. Optimizing nitrogen input by balancing winter wheat yield and residual nitrate-N in soil in a long-term dryland field experiment in the Loess Plateau of China. *Field Crops Research.* 2015. Vol. 181. P. 32–41.
 20. Delin S., Stenberg M. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. *European Journal of Agronomy.* 2014. Vol. 52. P. 291–296. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.08.007>.
 21. Deng Y, Teng W, Tong Y-P, Chen X-P and Zou C-Q Phosphorus Efficiency Mechanisms of Two Wheat Cultivars as Affected by a Range of Phosphorus Levels in the Field. *Front. Plant Sci.* 2018. № 9. P. 1614. doi: 10.3389/fpls.2018.01614
 22. Dhillon J. S., Figueiredo B. M., Eickhoff E. M., Raun W. R. Applied use of growing degree days to refine optimum times for nitrogen stress sensing in winter wheat. *Agronomy Journal.* 2020. Vol. 112(1). P. 537–549.

23. Dhillon J., Eickhoff E., Aula L., Omara P., Weymeyer G., Nambi E., Oyebiyi F., Carpenter T., Raun W. Nitrogen management impact on winter wheat grain yield and estimated plant nitrogen loss. *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 112(1). P. 564–577.
24. Dolijanović Ž., Kovačević D., Oljača S. Effect of Fertilizers on the Yield of Alternative Small Grains. *Contemporary Agriculture*. 2017. Vol. 5. P. 15–21.
25. Efretuei A., Gooding M., White E., Spink J., Hackett R. Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2016. Vol. 55(1). P. 63–73.
26. Elser J. J., Elser T. J., Carpenter S. R., Brock W. A. Regime shift in fertilizer commodities indicates more turbulence ahead for food security. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9. e93998.
27. Erekul O., Kohn W. Effect of weather and soil conditions on yield components and bread-making quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter triticale (*Triticosecale* Wittm.) varieties in north-east Germany. *Journal Agronomy Crop Science*. 2006. Vol. 192(6). P. 452–464.
28. Fanin Y. S., Lytvynenko M. A. Yield and elements of plant productivity in modern domestic and foreign varieties of winter durum wheat. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2023. Vol. 1. P. 70–77. doi: 10.37406/2706-9052-2023-1.10
29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed on 17 June 2021).
30. Gaj R., Górski D., Przybył J. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *J. Elementol.* 2013. № 18. P. 55–67.
31. Gaju O., Allard V., Martre P., Le Gouis J., Moreau D., Bogard M., Hubbart S., Foulkes M. J. Nitrogen partitioning and remobilization in

- relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Research*. 2014 Vol. 155. P. 213–223.
32. Gamayunova V., Kovalenko O., Smirnova I., Korkhova M. The formation of the productivity of winter wheat depends on the predecessor, doses of mineral fertilizers and bio preparations. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25(6). P. 65–74. doi: 10.48077/scihor.25(6).2022.65–74
 33. Gerland P., Raftery A. E., Ševčíková H., Li N., Gu D., Spoorenberg T., Alkema L., Fosdick B. K., Chunn J., Lalic N. World population stabilization unlikely this century. *Science*. 2014. Vol. 346. P. 234–237.
 34. Graybosch R. A., Peterson C. J., Shelton D. R., Baenziger P. S. Genotypic and environmental modification of wheat flour protein composition in relation to end-use quality. *Crop Sc.* 1996. Vol. 36. № 2. P. 296–300.
 35. Hamnér K., Weih M., Eriksson J., Kirchmann H. Influence of nitrogen supply on macro- and micronutrient accumulation during growth of winter wheat. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 213. P. 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.08.002>.
 36. Hawkesford M. J., Riche A. B. Impacts of G×E×M on Nitrogen Use Efficiency in Wheat and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2020. № 11. P. 1157. doi:10.3389/fpls.2020.01157
 37. Holland J. E., White P. J., Glendining M. J., Goulding K. W. T., McGrath S. P. Yield responses of arable crops to liming An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment. *Eur. J. Agron.* 2019. Vol. 105. P. 176–188.
 38. Hospodarenko H., Liubych V., Oliinyk O., Polianetska I., Silifonov T. Influence of fertilization on the crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 2022. Vol. 75(2). P. 9919–9928. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n2.98290>.
 39. Hospodarenko H. M., Cherno O. D., Liubych V. V., Riabovol Y. S., Kryzhanivskiy V. G. Yield and baking properties of winter wheat grain at

- different doses and periods of nitrogen fertilizer application. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2020. Vol. 3. P. 21–31. doi: 10.31210/visnyk2021.01.03 [In Ukrainian]
40. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Burliai O. L., Prytuliak R. M. Agrochemical properties of chernozem treated with different doses of nitrogen fertilizers and their combination with other types of mineral fertilizers. *Agrarian Innovations*. 2022. Vol. 14. P. 18–22. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.14.3
 41. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Prytuliak R. M. Effectiveness of application of different types and doses of fertilizers in field crop rotation. *Taurian Scientific Bulletin*. 2022. Vol. 127. P. 27–32. doi: 10.32851/2226–0099.2022.127.3
 42. Jarell, W. M., Beverly R. B. . The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*. 1981. № 34. P. 197–224.
 43. Jiang X., Li J., An Z., Liang J., Tian X., Chen Y., Sun Y., Li Y. Optimal Fertilization Strategies for Winter Wheat Based on Yield Increase and Nitrogen Reduction on the North China Plain. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(5). 4199.
 44. Jiao X., Lyu Y., Wu X., Li H., Cheng L., Zhang C., Yuan L., Jiang R., Jiang B., Rengel Z., et al. Grain production versus resource and environmental costs: Towards increasing sustainability of nutrient use in China. *J. Exp. Bot.* 2016. Vol. 67. P. 4935–4949.
 45. Ju X., Xing G., Chen X., Zhang S., Zhang L., Liu X., Cui Z., Yin B., Christie P., Zhu Z., et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2009. Vol. 106. P. 3041–3046.
 46. Káš M., Mühlbachová G., Kusá H. Winter wheat yield under different soil-climatic conditions in a long-term field trial. *Plant, Soil and Environment*. 2019. № 65 (1). P. 27–34. doi:10.17221/606/2018-PSE

47. King T., Cole M., Farber J. M., Eisenbrand G., Zabaras D., Fox E. M., Hill J. P. Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 68. P. 160–175.
48. Li C. Y., Hao Y. H., Xue Y. L., Wang Y., Dang T. H. Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in the farmland of the Loess Plateau, China. *J. Agro-Environ. Sci.* 2020. Vol. 39. P. 1783–1791.
49. Lollato R. P., Figueiredo B. M., Dhillon J. S., Arnall D. B., Raun W. R. Wheat grain yield and grain-nitrogen relationships as affected by N, P, and K fertilization: A synthesis of long-term experiments. *Field Crops Research.* 2019. Vol. 236. P. 42–57.
50. Losacco D., Ancona V., De Paola D., Tumolo M., Massarelli C., Gatto A., Uricchio V. F. Development of Ecological Strategies for the Recovery of the Main Nitrogen Agricultural Pollutants: A Review on Environmental Sustainability in Agroecosystems. *Sustainability.* 2021. Vol. 13. 7163.
51. Mandic V., Krnjaja V., Tomic Z., Bijelic Z., Simic A., Muslic D. R., Gogic M. Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 2015. № 75(1). P. 92–97. doi: 10.4067/S0718–58392015000100013.
52. McDonald G., Bovill W., Huang C., Lidhtfoot Nutrient Use Efficiency. In: *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2013. Vol. 487. P. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37048-9_10
53. Miroshnichenko M., Zvonar A., Pachev I. Micronutrients consumption in different varieties of winter wheat in contrast weather conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans.* 2020. № 23 (3). P. 64–79.
54. Mohammadi-joo S., Mirasi A., Saeidi-aboeshaghi R., Amiri M. 2015.

- Evaluation of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on resistance indices under field conditions. *Int. J. Bio. Sci.* 2015 Vol. 6 (2). P. 331–337.
55. Moreira-Ascarrunz S. D., Larsson H., Prieto-Linde M. L., Johansson E. Mineral nutritional yield and nutrient density of locally adapted wheat genotypes under organic production. *Foods*. 2016. Vol. 5. P. 255–261.
 56. Olkhovskyi G., Bobro M., Chechui O. The detailed method for determining the structure of winter wheat crops. *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. 97(12). P. 22–29. doi: 10.31073/agrovisnyk201912–03
 57. Omar A. M., Mahamed A. A. E., Sharsher M. S. A., Walaa A. A. 2014. Performance of some bread wheat genotypes under water regime and sowing methods. *J. Agric. Res. Kaferelsheikh Univ.* 2014. Vol. 40 (2). P. 327–341.
 58. Omara P., Aula L., Oyebiyi F., Raun W. R. World cereal nitrogen use efficiency trends: Review and current knowledge. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2019. Vol. 2(1). P. 180–195.
 59. Panfilova A., Mohylnytska A. The impact of nutrition optimisation on crop yield of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) and modeling of regularities of its dependence on structure indicators. *Agriculture and Forestry*. 2019. Vol. 65(3). P. 157–171. doi: 10.17707/AgricultForest.65.3.13
 60. Ruibal-Mendieta N. L., Delacroix D. L., M. P. Mignolet, Marques C., Rozenberg R., Petitjean G., Habib-Jiwan J. L., Meurens M., Quentin-Leclercq J., Delzenne N. M., Larondelle Y. Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid. *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53. P. 2751–2759.
 61. Ruiz M., Zambrana E., Fite R., Sole A., Tenorio J. L., Benavente E. Yield and Quality Performance of Traditional and Improved Bread and Durum

- Wheat Varieties under Two Conservation Tillage Systems. Sustainability. 2019. Vol. 11. Iss.17. Article number 4522. doi: 10.3390/su11174522.
62. Russenes A. L., Korsæth A., Bakken L. R., Dörsch P. (2019). Effects of nitrogen split application on seasonal N₂O emissions in southeast Norway. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2019. Vol. 115(1). P. 41–56.
 63. Sanadi U., Math K. K., Lamani K. D., Reddy U. G. Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) as Influenced by Different Nutrient Management Approaches under Northern Transitional Zone of Karnataka. International Journal of Plant & Soil Science. 2023. Vol. 35, Iss.1. P. 22–33. doi:10.9734/ijpss/2023/v35i12711.
 64. Schulz R., Makary T., Hubert S., Hartung K., Gruber S., Donath S., Döhler J., Wei K., Ehrhart E., Claupein W. Is it necessary to split nitrogen fertilization for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany. The Journal of Agricultural Science. 2015. Vol. 153(4). P. 575–587.
 65. 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. Journal of Plant Production. 2021. Vol. 12(1). P. 11–17. doi: 10.21608/jpp.2021.152011
 66. 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. Iss.1. P. 11–17. doi: 10.21608/jpp.2021.152011.
 67. Si Z., Zain M., Mehmood F., Wang G., Gao Y., Duan A. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management. 2020. Vol. 231. P. 106–112.

68. Šimanský V. Changes in soil organic matter parameters during the period of 18 years under different soil management practices. *Agriculture*. 2016. Vol.62. P. 149–154. doi: 10.1515/agri-2016-0015.
69. Simurina O., Dozet J., Vukobratovic R. Potenzijal domace pšenice roda 1997 codine u namenskoj preradi. *Zito-hleb*. 1997. № 6. P. 189–195.
70. Skudra I., Ruza A. Nitrogen content changes in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on fertilizer norms. 2015. Nordic View to Sustainable Rural Development", Proceedings of the 25th NJF Congress, Riga, Latvia, 16–18 June 2015 P.170–174.0
71. Skudra I., Ruza A. Nitrogen content changes in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on fertilizer norms. 2015. Nordic View to Sustainable Rural Development", Proceedings of the 25th NJF Congress, Riga, Latvia, 16–18 June 2015 P.170–174
72. Soto-Gómez D., Pérez-Rodríguez P. Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize, and other species. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022. Vol. 325. Article 10747. doi: 10.1016/j.agee.2021.107747
73. Weegels P. L., Orsel R., Cereal J. Functional properties of low Mr. Wheat properties. Effects on dough properties. *Sci*. 1995. Vol. 21. № 2. P. 117–126.
74. Wei J, Li C, Li Y, Jiang G, Cheng G, et al. Effects of External Potassium (K) Supply on Drought Tolerances of Two Contrasting Winter. Wheat Cultivars. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8(7). e69737. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069737>
75. Yan F., Zhang F., Fan X., Fan J., Wang Y., Zou H., Wang H., Li G. Determining irrigation amount and fertilisation rate to simultaneously optimize grain yield, grain nitrogen accumulation and economic benefit of drip-fertigated spring maize in northwest China. *Agricultural Water Management*. 2021. Vol. 243. Article 106440. doi: 10.1016/j.

agwat.2020.106440

76. Yang X., Lu Y., Ding Y., Yin X., Raza S., Tong Y. A. Optimising nitrogen fertilisation: A key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014). *Field Crops Res.* 2017. Vol. 206. P. 1–10.
77. Yerashova M. V. The formation of elements of the yield structure of different varieties of winter wheat depending on growing conditions. *Scientific Progress & Innovations.* 2021. Vol. 2. P. 86–92. doi: 10.31210/visnyk2021.02.11 [In Ukrainian]
78. Zhang R., Yang Y., Dang T., Zhu Y., Huang M. Responses of Wheat Yield under Different Fertilization Treatments to Climate Change Based on a 35-Year In Situ Experiment. *Agriculture.* 2022. Vol. 12. Article 1498. doi:10.3390/agriculture12091498
79. Zhang R., Yang Y., Dang T., Zhu Y., Huang M. Responses of Wheat Yield under Different Fertilization Treatments to Climate Change Based on a 35-Year In Situ Experiment. *Agriculture.* 2022. Vol. 12. Article number 1498. doi:10.3390/agriculture12091498
80. Zhemela G. P., Herman M. M. Yield of soft winter wheat depending on pre-sowing seed treatment. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy.* 2010. Vol. 4. P. 36–39.
81. Авраменко С. В., Попов С. І. Реакція сортів пшениці озимої на систему удобрення після люцерни. *Селекція і насінництво.* 2012. № 101. С. 59–65. doi: 10.30835/2413–7510.2012.59765.
82. Авраменко С. В. Агротехнологічні основи управління продукційним процесом озимих зернових культур у Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Харків, 2018. 48 с.
83. Адаптація агротехнологій до зміни клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, Б. С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.

84. Базалій В. В., Базалій Г. Г., Марченко О. В. Особливості формування і характер мінливості ознак продуктивності озимої пшениці за різних умов вирощування. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2006. № 3. С. 174–176.
85. Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В, Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і складових живлення у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: КП "Міська друкарня", 2011. 30 с
86. Бараболя О. В. Вплив мінеральних добрив та доз висіву насіння на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2007. № 6. С. 96–102.
87. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення) / Ю. О. Тараріко, О. Ю. Несмашна, О. М. Бердніков та ін. Київ : Аграрна наука, 2005. 200 с.
88. Бойко В. П. Ефективність доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівоzmіні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2020. 22 с.
89. Бойко В. П. Ефективність доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівоzmіні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2020. 22 с.
90. Бордюжа Н. П. Винос складових живлення урожаєм різних сортів пшениці озимої за систематичного застосування добрив. *SWorld*. 2016. Т.7. № 44. С. 50–53.
91. Булигін С. Ю., Величко В. А., Демиденко О. В. Агрогенез чорнозему. Київ : Аграрна наука, 2016. 356 с.
92. Войтова Г. П. Оптимізація систем удобрення при вирощуванні озимої пшениці в умовах правобережжя Лісостепу. 2020. Вип. 4. № 1. С. 103–107. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0112>

93. Волкогон В. В., Бердніков О. М., Лопушняк В. І. Екологічні аспекти системи удобрення сільськогосподарських культур, за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2019. 264 с.
94. Волощук І. С. Оцінка сортів озимої пшениці за показниками якості зерна в умовах Західного Лісостепу. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С. 6–14.
95. Гаврилюк М. М. Вплив агротехнологічних заходів та пластичності сортів на насіннєву продуктивність пшениці озимої. *Зберігання і переробка зерна*. 2018. № 12. С. 39–42.
96. Гаврилюк М. М., Каленич П. Є. Вплив екологічних чинників на врожайність нових сортів пшениці озимої в умовах Південного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 1. С. 25–29.
97. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В., Глушко Т. В. Значення оптимізації живлення та особливостей сорту в ефективному використанні вологи озимої пшениці в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 22–28. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.3>.
98. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Вміст у надземній масі сортів пшениці озимої складових живлення залежно від мінерального живлення та їх винос урожаєм. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. Харків. 2018. Вип.1. С. 241–250
99. Гамаюнова В., Смірнова І., Литовченко А. Збільшення зерновиробництва на півдні Степу України за зміни клімату / Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату». Кам'янець-Подільський, 2017. С 63–67.
100. Гангур В. В., Браженко І. П. Вирощування пшениці озимої беззмінно

- та в сівоzmіні: біометричні параметри, урожайність зерна. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 3. С. 33–35.
101. Гирка А. Д. Винос складових живлення урожаєм озимої пшениці. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2010. Випуск 7. С 156–163
 102. Гирка А. Д., Коваленко В. Ю., Хорішко С. А., Желязков О. І. Винос складових живлення різними сортами озимої пшениці залежно від азотних підживлень. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ. 2007. № 31–32. С. 104–108.
 103. Гоменюк В. О., Венедиктов О. М. Сучасні погляди на живлення рослин. Вінниця : ТОВ «Віндрук», 2020. 104 с.
 104. Городній М. М., Грищенко О. В., Генгало О. М. Використання нових добрив із широким спектром дії. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків: збірник наукових праць*. 2013. Вип. 17. Т. 2. С. 36–43.
 105. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.
 106. Господаренко Г. М. Розробка та обґрунтування інтегрованої системи удобрення в польовій сівоzmіні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук. К., 2001. 42 с.
 107. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.
 108. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2020. 148 с.
 109. Господаренко Г. М., Бойко В. П., Стасіневич О. Ю., Черно О. Д. Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівоzmіні на родючість ґрунту та продуктивність пшениці озимої Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 104. С. 180–187.
 110. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Вплив різних видів

і доз добрив на формування структури урожаю пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл і лінії 'Пріно'. Plant Varieties Studying and Protection. 2024. Т. 20, № 2. С. 104–110.

111. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Вплив систем удобрення у польовій сівозміні на продуктивність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої. The XII International Scientific and Practical Conference «Actual priorities of modern science, education and practice», March 29 – April 01, 2022, Paris, France. Р. 37–40.
112. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різного удобрення. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції “Шляхи інноваційного розвитку агропромисловості в Україні”: зб. наук. праць. Рівне, 2022. С. 37–38.
113. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різного удобрення. Інноваційні технології в рослинництві: матеріали V Всеукраїнської наукової інтернет-конференції (25 травня 2022 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2022. С. 37–39.
114. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Фізичні показники якості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. Тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології», 21 лютого 2022 р. Умань, 2022. С. 37–38.
115. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Формування балансу основних складових живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення. Збірник Уманського НУС. 2024. Вип. 105. С. 338–352.
116. Господаренко Г. М. Удобрення озимої пшениці. *Агробізнес сьогодні*.

2010. № 19–20. С. 26–29.

117. Господаренко Г. М., Єщенко Н. Б. Урожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому залежно від різних видів і доз добрив та їх ефективність. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2013. Вип. 82. С. 8–14.
118. Господаренко Г. М., Любич В. В. Реакція сортів тритикале ярого на рівень азотного живлення. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2010. Вип. 72. С. 21–30.
119. Господаренко Г. М., Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна тритикале ярого за різних доз і строків внесення азотних добрив. *Вісник Полтавської ДАУ*. 2010. № 1. С. 6–9.
120. 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.
121. Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В. Вміст амінокислот у зерні пшениці озимої залежно від сорту. *Вісник Уманського НУС*. Умань, 2020. № 2. С. 78–82.
122. Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В., Новіков В. В. Вміст вітамінів у зерні пшениці м'якої озимої за різного удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2019. № 2. С. 3–6.
123. Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В., Полянецька І. О. Амінокислотний склад зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Вісник Уманського НУС*. Умань, 2021. № 1. С. 60–65.
124. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Желєзна В. В. Вихід і якість круп'яних продуктів із зерна пшениці м'якої залежно від сорту. *Вісник Уманського НУС*. 2020. № 1. С. 90–97.
125. Господаренко Г. М., Любич В. В., Притуляк Р. М. Ефективність

застосування різних видів і доз добрив у польовій сівозміні.
Таврійський науковий вісник. 2022. № 127. С. 27–32.

126. Господаренко Г. М., Любич В. В., Рябовол Я. С. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 129–139.
127. Господаренко Г. М., Любич В. В., Рябовол Я. С., Коховська І. В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 144–151.
128. Господаренко Г. М., Любич В. В., Силіфонов Т. В. Вплив різних видів і доз добрив на формування структури врожаю пшениці м'якої озимої сорту «KWS Еміль» та лінії «Пріно». *Вивчення та охорона сортів рослин*. 2024. 20 (2). С. 104–110. <https://doi.org/10.21498/25181017.20.2.2024.304103>
129. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сухомуд О. Г. Вміст клейковини в зерні пшениці ярої та її якість залежно від рівня азотного живлення. *Зб. наук. пр. «Новітні технології вирощування с.-г. культур»*. Київ, 2012. Вип. 115. С. 87–91.
130. Господаренко Г. М., Любич В. В., Черно О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 32–36.
131. Господаренко Г. М., Машинник С. В. Азотний режим чорнозему опідзоленого під ярою м'якою пшеницею за різних доз і строків внесення азотних добрив. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ*. 2006. Вип. 63. Ч. І. С. 10–19.
132. Господаренко Г. М., Рябовол Я. С., Черно О. Д., Любич В. В., Крижанівський В. Г. Ріст і розвиток пшениці озимої у веснянолітній період вегетації залежно від умов мінерального живлення в

Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського НУС*. Умань, 2020. № 2. С. 3–8.

133. Господаренко Г. М., Сухомуд О. Г. Особливості живлення та удобрення пшениці озимої. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2011. Вип. 78. Ч. 1. Агрономія. С. 31–44.
134. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Вміст хімічних складових у зерні пшениці озимої після тривалого застосування різних систем удобрення в польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. Спецвипуск. С. 151–153.
135. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Урожайність пшениці озимої після різних попередників на фоні тривалого застосування добрив у сівозміні. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 28–31.
136. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Формування продуктивності пшениці озимої під впливом погодних умов та азотних підживлень в умовах Правобережного Лісостепу. Наукові, методологічні та практичні підходи до проблем сучасної агрономії: монографія / О. І. Улянич, Г. М. Господаренко, Л. О. Рябовол та ін. За ред. О. І. Улянич. Дніпро: Середняк Т. К., 2021. С. 29–53.
137. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Якість зерна пшениці озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського НУС*. 2016. № 1. С. 11–15.
138. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Бойко В. П., Стасіневич О. Ю. Вплив доз і співвідношень добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник Уманського НУС*. 2018. № 2. С. 77–79.
139. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних складових живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 35–44.

140. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Рябовол Я. С., Крижанівський В. Г. Урожайність та хлібопекарські властивості зерна пшениці озимої при різних дозах і строках застосування азотних добрив. *Вісник Полтавської ДАА*. 2020. № 3. С. 21–31.
141. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Новак А. В. Стан росту і розвитку рослин пшениці озимої в осінній період вегетації. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 84–101.
142. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Прокопчук І. В., Стасіневич О. Ю. Реакція різних сортів пшениці озимої на удобрення. *Вісник Харківського НАУ. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»*. 2009. № 1. С. 131–136.
143. Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка, Р. С. Трускавецького. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 452 с.
144. Дегодюк Е. Г., Проненко М. М., Ігнатенко Ю. О., Пипчук Н. М., Мулярчук А. О. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: науково-методичні та науково-практичні рекомендації. За редакцією доктора с.-г. наук С. Е. Дегодюка. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 84 с.
145. Дегтярьов В. В. Ґумус чорноземів Лісостепу і Степу України: монографія / За ред. Д. Г. Тихоненка. Харків: Майдан, 2011. 360 с.
146. Демиденко О. В. Відтворення чорнозему в агроценозі. Чорнобай : Чорнобаївське КПП, 2020. 108 с.
147. Демиденко О. В. Трансформація органічного вуглецю в агроценозах Лісостепу. Чорнобай : Чорнобаївське КПП, 2022. 388 с.
148. Діагностика збалансованості мінерального живлення польових культур. Науково-методичні рекомендації; за наук. ред. М. М. Мірошніченка, Є. Ю. Гладкіх. Харків, 2022. 47 с.
149. Добрива та їх використання. І. У. Марчук, В. М. Макаренко, В. Є. Розстальний та ін. Київ : Арістей, 2013. 258 с..

150. Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України (довідниково-нормативна інформація) / за ред. С. А. Балюка, М. В. Лісового. Харків: Смугаста типографія, 2016. 46 с.
151. ДСТУ 4117:2007 Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [чинний від 2007-08-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2007. 10 с.
152. ДСТУ 4117:2007. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [Чинний від 2007-08-09]. Київ, 2007. 7 с. (Національний стандарт України).
153. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
154. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Татарко Ю. В., Антоновський О. В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 32–39.
155. Жемела Г. П., Кулик М. І. Вплив агроекологічних умов, доз висіву насіння та доз мінеральних добрив на врожайність і якість зерна озимої пшениці. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2006. Vol. 4. С. 124–128.
156. Жемела Г. П., Сидоренко А. В., Кулик М. І. Роль погодних факторів у поліпшенні якості зерна озимої пшениці. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2007. Vol. 2. С. 16–22.
157. Заїма О. А., Дергачов О. Л. Урожайність сортів пшениці озимої залежно від агротехнічних заходів. Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення та флуктуацій клімату : міжнар. наук.-практ. інт.-конф. Дніпро, ДУ ІЗК НААН, 2023. С. 115–117.

158. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.
159. Звонар А. М. Вплив сортових особливостей, погодних та ґрунтово-кліматичних умов на засвоєння складових живлення пшеницею озимою: дис. ... доктора філософії : 201 «Агрономія». Харків, 2021. 192 с.
160. Звонар А. М. Динаміка живлення рослин пшениці озимої за різного рівня забезпечення макро- та мікроелементами. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Вип. 22. Х: 2017. С. 259–267
161. Зубець М. В., Ситник В. П., Третяк А. М. та ін. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. Київ: Логос, 2004, 776 с.
162. І. М. Шегада, В. М. Починок, Д. А. Кірізій, Т. П. Маменко. Вплив умов азотного живлення на фотосинтез, продуктивність і білковість зерна озимої пшениці. *Фізіологія і генетика рослин*. 2018. № 2. С. 105–114.
163. Іваніна Р. В. Винос та баланс складових живлення в зернових ланках сівозміни за різних систем удобрення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 6(82). <http://doi.org/10.31548/dopovid2019.06.011>
164. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив азотних добрив і попередників на продуктивність пшениці озимої. *Зернові культури*. 2022. № 6(2). С. 100–105. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0239>
165. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив азотного живлення на формування балансу поживних складових в агроценозі пшениці озимої. *Науково-теоретичний журнал «Землеробство та рослинництво: теорія і практика»*. 2022. № 4(6), С. 5–11.
166. Іваніна В. В., Коротенко І. М. Вплив доз і способів унесення азотних добрив на врожайність та якість зерна пшениці озимої. *Вісник*

аграрної науки. 2022. № 11(836), С. 5–10.

167. Іваніна Р. В. Вплив доз і способів внесення азотних добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 84–88.
168. Кавунець В. П., Русанов В. І., Кочмарський В. С. та ін. Вплив добрив і попередників на врожайність та якість насіння озимої пшениці. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ, 2005. № 4. С. 112–120.
169. Каленич П. Є. Оптимізація складових технології виробництва високоякісного насіння пшениці озимої та їх вплив на посівні якості в умовах Правобережного Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Умань, 2018. 23 с.
170. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. та ін. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: Рогальська І. О., 2015. 448 с.
171. Квасніцька Л. С. Вплив сівозмінного чинника та удобрення на врожайність і показники якості зерна пшениці озимої в польових сівозмінах Лісостепу правобережного. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 4. С. 19–22.
172. Кимак Я. В. Якість зерна пшениці озимої залежно від складових технологій вирощування в умовах північного Лісостепу. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Корми і кормовиробництво»*. 2010. № 66. С. 170–176.
173. Коваленко Р. В. Біологічні та технологічні особливості формування продуктивності пшениці озимої на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.
174. Ковальчук В. П., Васильєв В. Г., Бойко Л. В., Зосимов В. Д. Сборник методов исследования почв и растений. Київ : Труд-ГриПол ХХІ вік, 2010. 252 с.

175. Кононюк Л. М., Натальчук Т. А. Особливості сортової реакції пшениці озимої на технологічні прийоми вирощування в Північному Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2011. № 3–4. С. 55–63.
176. Кравець І. С. Зміна 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.
177. Кулик М. І., Онопрієнко О. В., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Урожайність сортів м'якої (озимої) пшениці залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 55–62. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8>.
178. Леонова К. П., Моргун А. В., Коваленко А. М., Любич В. В. Технологічні параметри біоенергетики гібридів сорго цукрового за різної густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 72–77.
179. Литвиненко М. А. Реалізація генетичного потенціалу. Проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів озимої пшениці. *Науково-виробничий журнал «Насінництво»*. 2010. № 6. С. 1–6.
180. Литвиненко М. А. Сорти озимої м'якої пшениці степового екотину краще переносять екстремальні погодні чинники. *Насінництво*. 2013. № 8. С. 14–18.
181. Лифенко С. П., Геврек Г. Г. Якість зерна та урожайні властивості насіння озимої м'якої пшениці залежно від агрофону. *Зб. наук. праць Селекційно-генетичного інституту «ННЦ насіннізнавства та сортовивчення УААН»*. 2009. № 14. С. 69–77.
182. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль складових живлення та системи удобрення польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 284 с. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.284.8>.

org/10.31073/978-966-345-251-7

183. Лихочвор В. В. Урожайність і якість зерна пшениці озимої Кубусь залежно від доз удобрення. Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія. 2019. № 23. С. 49–52. URL: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.049>.
184. Лихочвор В. В., Петренко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008, 624 с.
185. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль складових живлення та систем удобрення польових культур. Львів: Українські технології, 2021. 284 с. URL: <https://doi.org/10.31073/978-966-345-251-7> (перевірено 26 лютого 2022 р.).
186. Лісовий М. В. Географічні закономірності ефективності мінеральних добрив на території України та прогнозування їх дії під озиму пшеницю залежно від ґрунтово-кліматичних умов з використанням математичних моделей. Дис.. ... доктора с.-г. наук за спец. 06.01.04. Харків, 1996. 308 с.
187. Лісовий М. В. Визначення залежності вмісту білка в зерні пшениці озимої від показників родючості ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 2. С. 16–22.
188. Лісовий М. В. Нормативні показники якості зерна пшениці озимої на чорноземах Лісостепу і Степу. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 8. С. 5–7.
189. 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. 10–11.
190. Лісовий М. В., Ніконенко В. М., Карацюба О. В., Сліденко О. І., Шимель В. В. Вплив мінеральних добрив на якість зерна пшениці озимої на чорноземі типовому Лісостепу Лівобережного високого. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 91. С. 59–63.

191. Лісовий М. В., Шимель В. В., Никоненко В. М. Ефективність мінеральних добрив під озиму пшеницю на чорноземі типовому Лісостепу Лівобережжя Висок. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5. С. 16–21. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905> (перевірено 26 лютого 2022 р.).
192. Лопушняк В. І. Агрохімічні та агроекологічні аспекти систем удобрення в Західному Лісостепу України / за наук. ред. А. І. Фатєєва. Львів: «Ліга-Прес», 2015. 218 с.
193. Любич В. В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2016. Вип. 89. С. 199–206.
194. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. № 3. С. 18–24.
195. Любич В. В. Ознаки якості хліба різного борошна сортів і ліній пшениць. *Збірник Уманського НУС*. Умань. 2018. Вип. 92. С. 64–76.
196. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
197. Любич В. В. Сучасні досягнення круп'яного виробництва. *Вісник Уманського НУС*. 2021. № 1. С. 78–82.
198. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 74–82.
199. Любич В. В. Ураження пшениці м'якої озимої кореневими гнилями за різних доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 129–144.
200. Любич В. В. Якість хліба з різного борошна пшениці спельти залежно від сорту. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних*

- культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 155–162.
201. Любич В. В., Железна В. В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спелости залежно від удобрення і тривалості зберігання. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 75–84.
 202. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 152–159.
 203. Любич В. В., Полянецька І. О., Климович Н. М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 160–167.
 204. Любич В. В., Пясецький П. І., Моргун А. В. Формування показників біоенергетики сортів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 2. С. 85–90.
 205. Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Технологічні властивості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату: матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.) / Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. – Харків, 2022. С. 29–33.
 206. МВВ 31-497058-019-2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків : КП «Друкарня № 13», 2005. С. 189–208.
 207. Мірошніченко М. М., Звонар А. М., Панасенко Є. В., Леонов О. Ю. Надходження складових живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодними умовами роки. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 89. С. 51–62. doi: <https://doi.org/10.31073/acss89-06>
 208. Мірошніченко М. М., Фатєєв А. І. Агрогеохімія мікроскладових в

- грунтах України. Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск до VIII з'їзду УТГА. Книга перша. 2008. С. 98–107.
209. Пархуць І. М. Урожайність та якість пшениці озимої залежно від удобрення на дерново-підзолистих поверхнево оглеєних ґрунтах передкарпаття. *Вісник аграрної науки*. 2006. Вип. 3. С. 11–16.
 210. Пат. 154324 Україна, МПК А01С21/00, С05С11/00. Спосіб застосування добрив під ранньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В. ; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2022 02428; заявл. 11.07.2022; опубл. 09.11.2023, Бюл. № 45.
 211. Пат. 154325 Україна, МПК (2023.01), А01С21/00, С05В21/00. Спосіб застосування добрив під пізньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В. ; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2022 02429; заявл. 11.07.2022; опубл. 09.11.2023, Бюл. № 45.
 212. Пат. 154329 Україна, МПК С05С3/00, С05С11/00. Спосіб тимчасового застосування азотних добрив під пшеницю м'яку озиму за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В. ; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2022 03039; заявл. 22.08.2022; опубл. 08.11.2023, Бюл. № 45.
 213. Попов С. І. Агроекологічне обґрунтування технології вирощування пшениці м'якої озимої в зоні недостатнього та нестійкого зволоження. дис. ... д-ра с.-г. наук. Харків: Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Харків. 2013. 328 с.

214. Починок В. М., Радченко О. М. Сучасний стан досліджень запасних білків пшениці. *Фізіологія і біохімія рослин*. 2011. Т. 43. № 3. С. 255–266.
215. Присяжнюк Л. М., Хоменко Т. М., Ляшенко С. О., Мельник С. І. Показники продуктивності нових сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від факторів вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Vol. 18(4). Р. 273–282. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.4.2022.273989>.
216. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз, В. В. Любич, Ф. М. Парій, С. П. Полторецький, І. О. Полянецька, Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол, О. Г. Сухомуд. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.
217. Рижкова Я. С. Вплив агрохімічного фону чорнозему типового на поглинання, винос та коефіцієнти використання складових живлення сільськогосподарськими культурами з ґрунту і мінеральних добрив: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2015. 22 с.
218. Сіліфонов Т. В. Урожайність і вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за умови використання різних видів і доз добрив. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Том 19(1). С. 44–51. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277770>
219. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 146–156.
220. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Полянецька І. О. Фізико-хімічні властивості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. С. 206–222.

221. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / за наук. ред. С. А. Балюка. В. В. Медведєва. Київ : Аграрна наука, 2012. 240 с.
222. Третяк М. Н., Шкурпела І. А. Сучасні технології вирощування зернових культур. Вінниця: Поділля, 2018. 160 с.
223. Улич Л. І., Василюк П. М. Урожайний потенціал та адаптивні властивості нових сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 12. С. 25–28.
224. Улич О. Л. Екологічна спроможність ново зареєстрованих сортів пшениці озимої м'якої. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 1. С. 51–55.
225. Управління живленням рослин в умовах погодно-кліматичних флуктуацій, за ред. М. М. Мірошніченка і Є. Ю. Гладкіх. Київ : Аграрна наука, 2022. 160 с.
226. Урожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від систем удобрення / М. І. Кулик та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 114. С. 55–62. doi: 10.32851/2226–0099.2020.114.8
227. Філімончук Я. С. Особливості мінерального живлення пшениці озимої залежно від фосфатного режиму ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 11. С. 68–71.
228. Харченко О. В., Петренко Ю. М. Ресурсні рівні врожайності сільськогосподарських культур та їх екологічне оцінювання, за ред. О. В. Харченка. Суми : ВВП «Мрія», 2017. 56 с.
229. 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.

ДОДАТКИ

Додаток А 5.1

**Господарське винесення азоту з урожаєм зерна різних сортів пшениці
м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	72,7	85,0	97,0	84,9
N ₇₅	100,1	116,1	135,6	117,2
N ₁₅₀	128,9	150,0	149,2	142,7
P ₆₀ K ₈₀	77,8	93,3	101,8	90,9
N ₁₅₀ K ₈₀	144,0	154,7	151,8	150,2
N ₁₅₀ P ₆₀	146,7	157,7	150,1	151,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	113,3	130,7	144,5	129,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	150,5	167,1	154,8	157,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	145,4	159,4	154,1	153,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	149,6	165,9	152,5	156,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	147,9	161,0	152,1	153,6
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	72,9	90,0	76,7	79,9
N ₇₅	88,7	107,3	107,5	101,1
N ₁₅₀	100,6	118,6	120,4	113,2
P ₆₀ K ₈₀	78,2	95,9	78,0	84,1
N ₁₅₀ K ₈₀	111,3	128,5	133,5	124,4
N ₁₅₀ P ₆₀	116,0	133,4	133,9	127,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	99,2	120,2	115,4	111,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	129,0	147,5	141,7	139,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	122,2	132,8	135,8	130,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	127,8	145,1	139,9	137,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	127,0	138,5	137,6	134,4

Додаток А 5.2

**Господарське винесення фосфору з урожаєм зерна різних сортів
пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	26,1	30,6	36,6	31,1
N ₇₅	34,0	40,2	44,6	39,6
N ₁₅₀	41,3	47,6	47,5	45,5
P ₆₀ K ₈₀	29,0	35,8	41,5	35,4
N ₁₅₀ K ₈₀	46,2	47,8	48,0	47,3
N ₁₅₀ P ₆₀	47,3	52,8	52,5	50,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	39,1	44,2	49,2	44,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	48,7	56,2	53,8	52,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	46,9	50,8	50,9	49,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	48,4	55,8	53,5	52,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	47,0	51,8	50,7	49,9
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	22,2	27,3	28,6	26,1
N ₇₅	25,0	31,0	35,3	30,4
N ₁₅₀	27,8	33,1	38,4	33,1
P ₆₀ K ₈₀	23,9	30,7	31,1	28,6
N ₁₅₀ K ₈₀	30,3	35,7	38,9	35,0
N ₁₅₀ P ₆₀	32,6	38,7	40,8	37,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	28,2	34,7	38,1	33,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	35,9	42,5	42,8	40,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	34,2	37,6	40,5	37,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	35,5	41,9	42,5	40,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	34,5	39,0	41,0	38,2

Додаток А 5.3

**Господарське винесення калію з урожаєм зерна різних сортів пшениці
м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	16,7	20,0	25,8	20,8
N ₇₅	21,7	26,4	31,0	26,4
N ₁₅₀	26,7	31,9	33,7	30,8
P ₆₀ K ₈₀	19,2	23,6	29,3	24,0
N ₁₅₀ K ₈₀	31,8	34,5	36,6	34,3
N ₁₅₀ P ₆₀	29,1	32,5	33,9	31,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	25,9	31,0	35,6	30,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	32,1	38,4	38,4	36,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	30,7	35,7	37,5	34,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	31,3	36,7	37,5	35,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	31,8	37,3	38,0	35,7
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	14,8	18,2	20,9	18,0
N ₇₅	16,6	20,8	25,4	21,0
N ₁₅₀	18,3	22,7	27,8	22,9
P ₆₀ K ₈₀	15,8	21,0	23,0	19,9
N ₁₅₀ K ₈₀	20,7	25,9	30,0	25,5
N ₁₅₀ P ₆₀	21,0	25,2	28,2	24,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	18,7	23,9	27,7	23,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	24,1	29,4	31,6	28,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	22,6	25,9	29,1	25,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	22,9	27,9	29,7	26,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	23,7	28,0	30,5	27,4

Додаток А 5.4

**Господарське винесення азоту з урожаєм соломи різних сортів
пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	20,4	23,9	29,1	24,5
N ₇₅	30,7	34,7	36,0	33,8
N ₁₅₀	39,1	42,3	39,4	40,3
P ₆₀ K ₈₀	22,0	25,7	31,2	26,3
N ₁₅₀ K ₈₀	46,4	43,1	44,5	44,7
N ₁₅₀ P ₆₀	46,9	44,0	44,4	45,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	35,4	38,8	39,8	38,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	47,8	47,5	46,2	47,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	46,5	45,9	46,0	46,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	48,8	47,2	44,7	46,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	42,0	44,9	44,6	43,8
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	23,2	29,8	27,9	27,0
N ₇₅	28,7	36,8	34,8	33,4
N ₁₅₀	33,2	40,3	39,1	37,5
P ₆₀ K ₈₀	24,4	31,0	29,1	28,2
N ₁₅₀ K ₈₀	37,8	44,4	44,5	42,2
N ₁₅₀ P ₆₀	39,7	45,8	43,7	43,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	32,6	41,6	41,5	38,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	44,1	53,1	47,0	48,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	43,1	48,3	44,6	45,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	42,7	51,1	45,7	46,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	43,4	49,4	45,2	46,0

Додаток А 5.5

**Господарське винесення фосфору з урожаєм зерна різних сортів
пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	17,0	20,2	20,6	19,2
N ₇₅	23,2	27,5	24,7	25,2
N ₁₅₀	26,8	32,7	26,3	28,6
P ₆₀ K ₈₀	19,8	23,2	23,9	22,3
N ₁₅₀ K ₈₀	28,4	33,3	29,6	30,4
N ₁₅₀ P ₆₀	32,6	33,9	33,3	33,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	25,0	29,9	28,5	27,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	31,8	37,0	35,0	34,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	31,0	34,4	31,1	32,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	32,9	36,7	31,0	33,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	32,8	34,6	31,0	32,8
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	16,5	20,9	17,0	18,1
N ₇₅	19,4	24,5	20,7	21,5
N ₁₅₀	19,8	26,2	21,3	22,4
P ₆₀ K ₈₀	18,7	23,1	18,5	20,1
N ₁₅₀ K ₈₀	24,3	28,3	25,3	26,0
N ₁₅₀ P ₆₀	27,4	31,2	26,2	28,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	22,2	28,1	25,1	25,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	29,8	35,4	28,2	31,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	28,1	31,8	26,4	28,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	29,5	34,8	28,0	30,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	28,3	32,6	26,7	29,2

Додаток А 5.6

**Господарське винесення калію з урожаєм соломи різних сортів
пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га**

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	56,5	63,5	70,3	63,4
N ₇₅	77,2	85,7	84,3	82,4
N ₁₅₀	92,7	100,4	88,7	93,9
P ₆₀ K ₈₀	63,9	72,1	78,0	71,3
N ₁₅₀ K ₈₀	117,4	108,4	107,5	111,1
N ₁₅₀ P ₆₀	109,4	105,5	101,0	105,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	92,8	95,3	95,6	94,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	122,1	117,5	110,0	116,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	116,3	109,7	104,4	110,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	118,6	114,0	104,3	112,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	120,9	114,1	109,0	114,6
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	57,5	76,1	70,8	68,1
N ₇₅	67,6	87,6	86,2	80,4
N ₁₅₀	74,3	92,8	90,5	85,9
P ₆₀ K ₈₀	62,4	84,3	76,0	74,2
N ₁₅₀ K ₈₀	91,0	111,0	111,2	104,4
N ₁₅₀ P ₆₀	88,9	104,0	100,9	97,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	77,8	100,7	101,4	93,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	105,7	132,2	118,1	118,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	100,2	115,2	107,6	107,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	100,6	120,8	108,0	109,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	103,0	124,6	114,1	113,9

Додаток Б

Акти впровадження



«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва

Олена НЕПОЧАТЕНКО

« 10 » 03 2025



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту картоплярства
Національної академії аграрних наук
України

Микола ФУРДИГА

« 10 » 03 2025

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Формування продуктивності різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення у Правобережному Лісостепу», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці м'якої озимої.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення пшениці м'якої озимої впроваджено на площі 70 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає проведення підживлення азотними добривами пшениці м'якої озимої в дозі N_{100} .
4. **Економічна ефективність** – 30,7 тис. грн/га у цінах 2024 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила стабільніший приріст урожаю зерна. Система застосування добрив передбачала внесення їх за один прийом, що сприяло нижчим енергосиловим витратам на вирощування зерна та ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва

відповідальний за впровадження

аспірант кафедри агрохімії і
грунтознавства

Тарас СІЛІФОНОВ

« 10 » 03 2025

Від Інституту картоплярства
Національної академії аграрних наук
України

директор

Микола ФУРДИГА

« 10 » 03 2025



«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва

Олена НЕПОЧАТЕНКО

« 25 » 03 2025



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Українського інституту
експертизи сортів рослин

Сергій МЕЛЬНИК

« 25 » 03 2025

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Формування продуктивності різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення у Правобережному Лісостепу», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці м'якої озимої.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення пшениці м'якої озимої впроваджено на площі 50 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає проведення підживлення азотними добривами пшениці м'якої озимої в дозі N_{120} .
4. **Економічна ефективність** – 28,7 тис. грн/га у цінах 2024 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила стабільніший приріст урожаю зерна. Система застосування добрив передбачає внесення їх за один прийом, що сприяло нижчим енергосиловим витратам на вирощування зерна та ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадження

аспірант кафедри агрохімії і
грунтознавства

Тарас СІЛФОНОВ

« 25 » 03 2025

Від Українського інституту експертизи
сортів рослин

Директор Черкаської філії УІЕСР

Володимир ЛЕВЧЕНКО

« 25 » 03 2025



«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва

Олена НЕПОЧАТЕНКО

« 27 » 03 2025

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор Білоцерківської дослідно-
селекційної станції Інституту
біоенергетичних культур і цукрових
бурюків НААНУ

Микола БУЗИННИЙ

« 27 » 03 2025

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Формування продуктивності різностиглих сортів пшениці м'якої озимої залежно від удобрення у Правобережному Лісостепу», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці м'якої озимої.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення пшениці м'якої озимої впроваджено на площі 32 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає проведення підживлення азотними добривами пшениці м'якої озимої в дозі N_{90} .
4. **Економічна ефективність** – 27,2 тис. грн/га у цінах 2024 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила формування більшої врожайності зерна. Система застосування добрив передбачала внесення їх за один прийом, що сприяло нижчим енергосиловим витратам на вирощування зерна та ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва

відповідальний за впровадження

аспірант кафедри агрохімії і
грунтознавства

Тарас СІЛФОНОВ

« 27 » 03 2025

Від Білоцерківської дослідно-
селекційної станції Інституту
біоенергетичних культур і цукрових
бурюків НААНУ

директор

Микола БУЗИННИЙ

« 27 » 03 2025

Додатко В

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ*Статті в виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus*

1. Hospodarenko H., Liubych V., Oliinyk O., Polianetska I., Silifonov T. Influence of fertilization on the crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 2022. Vol. 75(2). P. 9919–9928. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n2.98290>.

Статті у фахових виданнях України

2. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Агробіологія*. 2021. №2. С. 146–156. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-146-156>

3. Сіліфонов Т. В., Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Полянецька І. О. Фізико-хімічні властивості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. С. 206–222. <http://dx.doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-206-222>

4. Сіліфонов Т. В. Урожайність і вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за умови використання різних видів і доз добрив. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Том 19(1). С. 44–51. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277770>

5. Господаренко Г.М., Любич В.В., Сіліфонов Т.В. Вплив різних видів і доз добрив на формування структури урожаю пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл і лінії 'Пріно'. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 2. С. 104–110.

6. Господаренко Г.М., Любич В.В., Сіліфонов Т.В. Формування балансу основних складових живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення. Збірник Уманського НУС. 2024. Вип. 105. С. 338–352.

Патенти

7. Пат. 154325 Україна, МПК (2023.01), A01C21/00, C05B21/00. Спосіб застосування добрив під пізньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В.; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № у 2022 02429; заявл. 11.07.2022; опубл. 09.11.2023, Бюл. № 45.

8. Пат. 154324 Україна, МПК A01C21/00, C05C11/00. Спосіб застосування добрив під ранньостиглі сорти пшениці м'якої озимої за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В.; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № у 2022 02428; заявл. 11.07.2022; опубл. 09.11.2023, Бюл. № 45.

9. Пат. 154329 Україна, МПК C05C3/00, C05C11/00. Спосіб тимчасового застосування азотних добрив під пшеницю м'яку озиму за вирощування після сої у польовій сівоzmіні // Господаренко Г. М., Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М., Сіліфонов Т. В.; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № у 2022 03039; заявл. 22.08.2022; опубл. 08.11.2023, Бюл. № 45.

Матеріали науково-практичних конференцій

10. Господаренко Г.М., Любич В.В., Сіліфонов Т.В. Вплив систем удобрення у польовій сівозміні на продуктивність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої. The XII International Scientific and Practical Conference «Actual priorities of modern science, education and practice», March 29 – April 01, 2022, Paris, France. P. 37–40.

11. Господаренко Г.М., Любич В.В., Сіліфонов Т.В. Фізичні показники якості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. Тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології», 21 лютого 2022 р. Умань, 2022. С. 37–38.

12. Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Технологічні властивості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення. Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату: матеріали міжнародної наукової інтернет- конференції молодих учених (26-27 жовтня 2022 р.) / Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. – Харків, 2022. С. 29–33.

13. Господаренко Г.М., Любич В.В., Сіліфонов Т.В. Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різного удобрення. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції “Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні”: зб. наук. праць. Рівне, 2022. С. 37–38.

14. Господаренко Г.М., Любич В.В., Сіліфонов Т.В. Урожайність різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різного удобрення. Інноваційні технології в рослинництві: матеріали V Всеукраїнської наукової інтернет-конференції (25 травня 2022 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2022. С. 37–39.