

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПОПОВ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 633.11:631.5:631.416.1

ДИСЕРТАЦІЯ

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АЗОТНОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ
ОЗИМОЇ У СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

галузь 20 Аграрні науки та продовольство
спеціальність 201 Агрономія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

 Ю.В. Попов

Науковий керівник: Авраменко Сергій Володимирович, доктор
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Попов Ю.В. Оптимізація системи азотного підживлення пшениці м'якої озимої у східній частині Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за у галузі 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, 2026.

Дисертаційна робота присвячена пошуку нових та оптимізації й удосконаленню агротехнологічних елементів регулювання врожайності сучасних сортів озимої пшениці, які забезпечують стабільне та економічно вигідне виробництво високоякісного зерна з урахуванням недостатнього зволоження східної частини Лісостепу України.

Дослідження проведено особисто автором в інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН впродовж 2020–2024 рр.

У дисертаційній роботі наведено особливості формування врожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення різними азотними добривами після попередників чорний пар, горох та соняшник; визначено оптимальні строки та дози аміачної селітри при підживленні пшениці м'якої озимої після різних попередників для отримання урожаю зерна високої якості; проведено порівняння різних азотних добрив після попередника соняшник та їх вплив на врожайність та якість зерна пшениці озимої; досліджено процеси формування елементів урожайності пшениці після різних попередників залежно від виду азотних добрив, строку та дози їхнього внесення; визначено сорти пшениці озимої з найбільшою відгукуваністю на осіннє азотне підживлення аміачною селітрою; проведено порівняння різних способів внесення азотних добрив; встановлено економічне та господарське обґрунтування використання різних доз та строків внесення азотних добрив після попередника чорний пар, горох та соняшник.

Актуальність теми зумовлена стрімким подорожчанням ресурсів та економічним становленням держави, де проблема підвищення урожайності

основної хлібної культури – пшениці м'якої озимої набуває значної актуальності. Науковими дослідженнями відомих учених у різні роки розроблено та удосконалено елементи технології вирощування пшениці м'якої озимої. Однак у зв'язку із змінами погодних умов в Україні, зокрема збільшенням кількості посушливих років, вплив мінеральних добрив на врожайність зерна сучасних сортів пшениці м'якої озимої вивчено недостатньо. Одним з найбільш невирішених залишається питання оптимізації строків внесення та доз прикореневого азотного підживлення після різних попередників. Важливою проблемою є пошук оптимальних елементів технології вирощування, які забезпечуватимуть збільшення та стабілізацію врожайності пшениці м'якої озимої за роками вирощування, на що і були спрямовані наші дослідження, актуальність яких обумовлена потребами сьогодення та завданнями галузевих наукових програм.

Мета досліджень полягала в розробці та удосконаленні системи прикореневого азотного підживлення пшениці м'якої озимої, що має важливе практичне значення у вирішенні проблеми ефективного використання мінеральних добрив у зоні недостатнього та нестійкого зволоження України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення таких завдань:

- виявити відхилення погодних умов від середніх багаторічних значень та встановити їхній вплив на ріст, розвиток та формування продуктивності рослин;
- визначити запаси продуктивної вологи в шарах ґрунту після різних попередників за фазами росту й розвитку рослин;
- установити вплив різних видів азотних добрив (аміачна селітра, сульфат амонію, карбамід), їхніх доз, строків та способів внесення на ріст та розвиток рослин, урожайність та якість зерна залежно від попередника на фоні інтегрованого захисту посівів;
- встановити сортову реакцію пшениці м'якої озимої на інтенсифікацію системи удобрення;

- провести економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування.

Об'єкт досліджень – процес формування продуктивності агрофітоценозу, урожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої залежно від впливу елементів технології вирощування, а також зовнішніх факторів навколишнього середовища в умовах східної частини Лісостепу України.

Предмет досліджень – удосконалення елементів прикореневого підживлення сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах нестійкого та недостатнього зволоження.

Полеві дослідження проводили протягом 2020–2024 років у східній частині Лісостепу України. Погодні умови в роки проведення досліджень характеризувалися різною зволоженістю та підвищеним температурним режимом. Кількість опадів за вегетаційний період становила 430–510,5 мм за середньої багаторічної норми у 480,5 мм. Гідротермічний коефіцієнт коливався від дуже сильної посухи з ГТК 0,4 до надмірної вологості з ГТК 1,7.

Визначено оптимальні дози та строки підживлення пшениці м'якої озимої аміачною селітрою після різних попередників в умовах східної частини Лісостепу України. Встановлено, що за роки дослідження в середньому по строках підживлення після попередників чорний пар та горох оптимальною дозою азоту була N_{30} , яка забезпечувала отримання урожайності – 5,47 т/га і 5,89 т/га відповідно, перевищуючи варіант без підживлення на 8–11 %. Натомість, після соняшника треба було підвищувати дозу азоту при підживленні до N_{60} для досягнення найбільшої урожайності пшениці озимої – у середньому 4,56 т/га з надбавкою до контролю у 47%. При подальшому збільшенні дози аміачної селітри при підживленні урожайність істотно не змінювалась. Різниці між строками підживлення для формування урожайності пшениці м'якої озимої не було.

Установлено статистично достовірні позитивні кореляції між врожайністю та масою зерна з колоса ($r = 0,76–0,86$), врожайністю та кількістю зерна з колоса ($r = 0,59–0,88$) після всіх попередників, що дозволило ідентифікувати ключові елементи структури врожайності.

Було встановлено, що на відміну від урожайності, вміст білка та клейковини зростав при підживленні аміачною селітрою до максимальної дози N_{120} після всіх попередників у досліді. Зокрема, вміст білка збільшувався від 12,1% до 14,0%, а вміст клейковини від 21,2% до 26,2% після попередників чорний пар та горох. Після соняшнику вміст білка коливався в діапазоні 10,4–13,4%, а вміст клейковини – 15,8–24,8%. Інші показники якості зерна пшениці (скловидність, маса 1000 насінин, натура зерна, ІДК, число падіння) більше залежали від погодних умов, ніж від азотного підживлення.

Після попередника соняшник визначено різницю між видами азотних добрив (аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію) для формування урожаю зерна високої якості. Встановлено, що за використання аміачної селітри була отримана найбільша урожайність – 4,43 т/га в середньому по дозах та строках підживлення, що було на 7% вище ніж за внесення карбаміду та сульфату амонію. Оптимальні дози та строки підживлення істотно різнилися при використанні різних азотних добрив. Так, для аміачної селітри та карбаміду такою дозою виявилася N_{60} , з надбавкою до неудобрюваного варіанту в 47% і 37% відповідно. Для сульфату амонію оптимальна доза азоту при підживленні була більша – N_{90} з 43% надбавкою. Встановлено, що при підживленні пшениці аміачною селітрою різниці між строками внесення для формування урожайності не було, натомість при використанні карбаміду найдоцільніше було підживлювати у осінній та осінньо-весняний строк, де надбавки врожайності до неудобрюваного варіанту становили відповідно 37% і 40%. Дробний (осінньо-весняний) строк підживлення був оптимальним також і для сульфату амонію – урожайність була на 42 % більше за контрольний варіант без добрив.

Виявлено достовірні позитивні кореляції: при підживленні аміачною селітрою між врожайністю та коефіцієнтом продуктивного кущення ($r=0,60$), масою зерна з колоса ($r=0,79$), кількістю зерен з одного колоса ($r=0,88$). При внесенні карбаміду істотні позитивні кореляції зафіксовані між врожайністю та кількістю продуктивних стебел ($r=0,57$), масою зерна з колоса ($r=0,79$), кількістю зерен з колоса ($r=0,52$). При використанні сульфату амонію урожайність тісно корелювала з кількістю

продуктивних стебел ($r=0,51$), масою зерна з колоса ($r=0,60$). Отримані взаємозв'язки дозволяють виявити способи реалізації потенціалу урожайності пшениці озимої за підживлення різними азотними добривами.

Встановлено, що вміст білка і клейковини зростає при підживленні до максимальної дози N_{120} залежно від виду азотного добрива в межах 10,2–13,4% і 15,6–24,8% відповідно. Серед добрив, які досліджували, найбільший вплив на вміст білка та клейковини мала аміачна селітра – 13,4% і 24,8% відповідно. Для всіх азотних добрив оптимальним строком підживлення був дрібний (осінньо-весняний).

Таким чином було визначено, що при формуванні урожайності пшениці м'якої існувала оптимальна доза азоту для підживлення залежно від попередника та азотного добрива, а подальше збільшення дози азоту було не доцільне, оскільки не забезпечувало підвищення урожайності. Водночас, для покращення якості зерна пшениці доцільним було збільшення дози азоту при підживленні до максимальної дози N_{120} не залежно від виду азотного добрива та попередника.

Визначено, що спосіб внесення – прикоренево (в рядок) або врозкид не мав істотного впливу на урожайність пшениці м'якої озимої при підживленні аміачною селітрою, карбамідом та сульфатом амонію після попередника соняшник. Урожайність за впливу різних способів підживлення змінювалась не істотно – в межах 2–3%.

Встановлено оптимальні фенологічні фази розвитку пшениці озимої при внесенні аміачної селітри в осінній період у порівнянні із традиційним підживленням по мерзлоталому ґрунту. Установлено, що для формування урожайності пшениці м'якої озимої різниці між осіннім підживленням незалежно від фенологічної фази та традиційним внесенням азоту по мерзлоталому ґрунту не було. Натомість, у роки із високим ГТК – 1,1–1,7 в осінній період (2022 р. і 2024 р.) осіннє підживлення переважало над внесенням аміачної селітри по мерзлоталому ґрунту на 6–9% по рівню урожайності. Отримані дані дозволяють скорегувати традиційні елементи технології вирощування пшениці озимої шляхом перенесення азотного підживлення на

осінній період, що сприятиме полегшенню виконання технологічних операцій у більш напружений ранньовесняний період.

Визначено найбільш чутливі до осіннього азотного підживлення сорти пшениці м'якої озимої: 20 сортів різних оригінаторів підживлювали аміачною селітрою із дозою N_{30} та порівнювали із фоном без добрив. Загалом усі досліджувані сорти реагували на осіннє азотне підживлення аміачною селітрою, проте найбільшу відгукуваність відзначено у сортів Гармоніка, Диво, Здобна, Світанкова, Джерсі та ін., які забезпечували збільшення врожайності зерна 1–3 класу якості на 13–15%.

Проведено економічну оцінку ефективності досліджуваних технологічних елементів. За результатами економічних розрахунків встановлено, що найбільш економічно оптимальні дози азоту за підживлення пшениці м'якої озимої були різні після попередників чорний пар, горох та соняшник. Так, після традиційно більш кращих попередників найбільший умовно чистий прибуток в середньому по строках внесення було одержано за підживлення у дозі N_{30} – 31273 грн/га і 34636 грн/га відповідно після чорного пару та гороху. Після соняшника оптимальною дозою підживлення пшениці була вища – N_{60} , де одержали 19142 грн/га умовно чистого прибутку.

Встановлено, що при підживленні пшениці м'якої оптимальні дози азоту були різними залежно від виду добрива після попередника соняшник. При використанні аміачної селітри та карбаміду оптимальною дозою була N_{60} відповідно з 19142 грн/га умовного чистого прибутку і 72 % рентабельності та 16477 грн/га прибутку і 64 % рентабельності в середньому по строках внесення азотних добрив. Натомість, при використанні сульфату амонію оптимальною була менша норма – N_{30} з 16412 грн/га умовно чистого прибутку і 68 % рентабельності виробництва. Подальше підвищення доз азоту призводило до зменшення основних показників економічної продуктивності вирощування зерна пшениці м'якої озимої.

На основі встановлених закономірностей розроблено адаптивні рекомендації щодо удосконалення елементів технології вирощування пшениці

м'якої озимої в умовах нестійкого та недостатнього зволоження, які передбачають оптимізацію системи азотного підживлення, зокрема диференціацію доз та строків внесення залежно від агроекологічних умов, попередника та виду азотного добрива.

Наукова новизна полягає в комплексному дослідженні взаємодії основних елементів технології вирощування пшениці м'якої озимої в умовах кліматичної нестабільності, визначенні оптимальних попередників, видів азотних добрив, доз азоту та строків підживлення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні адаптивних технологій вирощування пшениці м'якої озимої у виробничих умовах господарств Харківської та Волинської областей на загальній площі понад 1025 га, що забезпечило підвищення врожайності на 6–27 %, збільшення вмісту білка та клейковини відповідно на 1,0–1,2 % і 2,1–2,5 % порівняно з традиційними технологіями.

Ключові слова: пшениця озима, сільськогосподарська культура, технологія вирощування, сорт, добрива, фон живлення, азотні підживлення, строки сівби, попередники, сходи, фенофази, урожайність, стабільність, якість зерна, елементи продуктивності, маса 1000 насінин, вміст білка, клейковина, погодні умови, економічна ефективність.

Список опублікованих наукових праць за темою дисертації

Статті у фахових виданнях України:

1. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього внесення різних доз та видів азотних добрив на урожайність пшениці озимої після попередника соняшник. Селекція і насінництво. 2024. Т. 125. С. 94–101. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.306975
2. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього підживлення азотом на урожайність озимої пшениці після різних попередників. Селекція і насінництво. 2024. Т. 126. С. 87–95. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.318891

3. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від строків та доз осіннього та ранньовесняного азотного підживлення після попередника соняшник. *Зернові культури*. 2025. Т. 9. № 1. С. 144–151. DOI: 10.31867/2523-4544/0371

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях:

4. Попов Ю. В., Авраменко С. В., Попов С. І. Вплив різних доз азотного підживлення на формування продуктивності пшениці озимої. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. / ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. Харків, 2022. С. 233–241.

5. Авраменко С. В., Жижка Н. Г., Попов Ю. В. Урожайність пшениці озимої залежно від азотного підживлення після попередника соняшник. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН*. Харків, 2023. С. 19–21.

6. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Урожайність пшениці озимої залежно від строків та доз довесняного азотного підживлення після попередника соняшник. *Сучасні технології в рослинництві: тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присвяч. 150-річчю з дня народж. видат. вітчизн. вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН*. Харків, 2024. С. 77–81.

7. Попов Ю. В. Урожайність пшениці озимої залежно від виду добрив та строку азотного підживлення у дозі N_{60} після попередника соняшник. *Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. молодих учених та спеціалістів, присвяч. 120-ій річниці від дня народж. професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича Полякова / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН*. Харків, 2025. С. 50–54.

ABSTRACT

Popov Yu. V. Optimization of Nitrogen Fertilization for Winter Bread Wheat in the Eastern Part of the Ukrainian Forest-Steppe. - Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for for the Academic Degree of the Doctor of Philosophy in specialty 201 - Agronomy. – Yuriev Plant Production Institute of NAAS, Kharkiv, 2026.

The thesis is devoted to searching for new and optimizing existing agrotechnological components to regulate yields of modern winter wheat cultivars, which ensure stable and cost-effective production of top-quality grain under water deficit in the eastern part of the Ukrainian Forest-Steppe.

The research was conducted personally by the author at the Yuriev Plant Production Institute of NAAS during 2020–2024.

The thesis outlines the specifics of yield and grain quality formation in winter bread wheat depending on rates and timing of fertilization with various nitrogen fertilizers after three forecrops: black fallow, pea, and sunflower. The optimal timings and rates of ammonium nitrate fertilization of winter bread wheat sown after different forecrops were determined to obtain top-quality grain yields. Various nitrogen fertilizers were compared for post-sunflower sown winter wheat and their effects on winter wheat yield and grain quality were evaluated. The formation of yield components in wheat sown after different forecrops was investigated depending on the type of nitrogen fertilizer, as well as its application timing and rate. Winter wheat cultivars with the greatest responses to autumn nitrogen fertilization with ammonium nitrate were identified. Different methods of nitrogen fertilization were compared, and various rates and timings of nitrogen fertilization of winter bread wheat sown after black fallow, pea, and sunflower were economically and agronomically rationalized.

The relevance of the topic is driven by the rapid rise in resource costs and the economic development of the country, where increasing the yield of the primary food crop—winter bread wheat—is of vital importance. Although the cultivation technology components for winter bread wheat have been developed and improved by prominent scientists over the years, the impact of mineral fertilizers on grain yields of modern winter

bread wheat cultivars under shifting weather conditions in Ukraine (specifically, the increasing number of drought years) remains insufficiently studied. Optimization of fertilization timings and rates after various forecrops is one of the most critical unresolved issues. Determination of optimal cultivation technology components that ensure increased and stabilized winter bread wheat yields across growing years is a vital challenge, which formed the core of this research, aligned with current agricultural needs and sectoral scientific programs.

The purpose of the research was to develop and improve the nitrogen fertilization for winter bread wheat, which is of great practical importance for addressing the efficient use of mineral fertilizers in the zone of insufficient and unstable wetting in Ukraine.

To achieve this purpose, the following objectives were set:

- To identify weather factor deviations from long-term average values and assess their impact on plant growth, development, and performance;
- To determine the reserves of available soil moisture in soil layers after different forecrops across plant growth and development stages;
- To evaluate the effects of different nitrogen fertilizers (ammonium nitrate, ammonium sulphate, urea), their rates, timings, and application methods on plant growth, development, and grain yield and quality depending on the forecrop under integrated crop protection;
- To determine the winter bread wheat cultivars' responses to intensified fertilization;
- To conduct an economic assessment of the effectiveness of the studied cultivation technology components.

Research object: agrophytocenosis performance and winter bread wheat grain yield and quality depending on cultivation technology components and environmental factors in the eastern part of the Ukrainian Forest-Steppe.

Research focus: improvement of fertilization components for modern winter bread wheat cultivars grown under unstable and insufficient precipitation.

The field experiments were conducted in the eastern part of the Ukrainian Forest-Steppe in 2020–2024. The weather during the research years was characterized by varying

moisture levels and elevated temperatures. The precipitation amount during the growing season ranged from 430 to 510.5 mm, compared to the long-term average of 480.5 mm. The hydrothermal coefficient (HTC) fluctuated from extreme drought ($HTC = 0.4$) to excessive rainfall ($HTC = 1.7$).

The optimal rates and timings for fertilization of winter bread wheat with ammonium nitrate sown after different forecrops were determined for the eastern part of the Ukrainian Forest-Steppe. It was established that over the study years, the optimal nitrogen rate (averaged across fertilization timings) after black fallow and pea was N_{30} . This rate ensured grain yields of 5.47 t/ha and 5.89 t/ha, respectively, which was higher than those in the unfertilized control by 8–11%. In contrast, after sunflower, it was necessary to increase the nitrogen rate to N_{60} to achieve the highest winter wheat yield—averaging 4.56 t/ha, which represented a 47% increase over the control. With a further increase in the ammonium nitrate rate, the yield did not change significantly. There was no statistically significant difference in the winter bread wheat yields between the fertilization timings.

There were statistically significant positive correlations between grain yield and kernel weight per spike ($r = 0.76$ – 0.86), as well as between yield and kernel number per spike ($r = 0.59$ – 0.88) after all forecrops, allowing for the identification of key yield components.

It was found that, unlike grain yield, protein and gluten contents increased with raising ammonium nitrate rates up to the maximum of N_{120} after all studied forecrops. Specifically, the protein content increased from 12.1% to 14.0%, and the gluten content – from 21.2% to 26.2% after black fallow and pea. After sunflower, the protein content ranged between 10.4% and 13.4%, while the gluten content ranged from 15.8% to 24.8%. Other wheat grain quality indicators (vitreousness, thousand-kernel weight, test weight, gluten deformation index, and falling number) depended more heavily on weather conditions than on nitrogen fertilization.

After sunflower as a forecrop, differences among the nitrogen fertilizers (ammonium nitrate, urea, and ammonium sulfate) regarding top-quality grain yield were determined. The application of ammonium nitrate resulted in the highest grain yield—averaging 4.43 t/ha across fertilization rates and timings, which was 7% higher than in the urea and

ammonium sulfate experiments. The optimal fertilization rates and timings differed significantly depending on the type of nitrogen fertilizer. Thus, for ammonium nitrate and urea, the optimal rate was N_{60} , ensuring a yield increase over the unfertilized control by 47% and 37%, respectively. For ammonium sulfate, the optimal nitrogen rate was higher— N_{90} , with a 43% yield increase. It was revealed that when wheat was fertilized with ammonium nitrate, there was no difference in yields between application timings; however, when using urea, autumn and split autumn-spring applications were the most effective, where yield increases over the unfertilized control amounted to 37% and 40%, respectively. A split (autumn-spring) fertilization was also optimal for ammonium sulfate, resulting in a yield that was 42% higher than that in the unfertilized control.

In the ammonium nitrate experiments, there were significant positive correlations between grain yield and the productive tillering coefficient ($r = 0.60$), between yield and kernel weight per spike ($r = 0.79$), and between yield and kernel number per spike ($r = 0.88$). In the urea experiments, significant positive correlations were recorded between yield and the number of productive stems ($r = 0.57$), between yield and kernel weight per spike ($r = 0.79$), and between yield and kernel number per spike ($r = 0.52$). When using ammonium sulfate, yield was correlated with the number of productive stems ($r = 0.51$) and kernel weight per spike ($r = 0.60$). These relationships help identify pathways for realizing the yield potential of winter wheat fertilized with different nitrogen fertilizers.

It was found that the protein and gluten contents increased by 10.2–13.4% and 15.6–24.8%, respectively, when the fertilizer rate was raised to the maximum of N_{120} , depending on the type of nitrogen fertilizer. Among the studied fertilizers, the ammonium nitrate application resulted in the highest protein and gluten contents—13.4% and 24.8%, respectively. For all nitrogen fertilizers, a split (autumn-spring) application was the optimal fertilization schedule.

Thus, it was determined that there was an optimal nitrogen fertilization rate for winter bread wheat yield, depending on the forecrop and the nitrogen fertilizer type, that and a further increase in the nitrogen rate was impractical as it did not increase the yield. Conversely, to improve wheat grain quality, it was advisable to increase the nitrogen rate to the maximum level of N_{120} , regardless of the fertilizer type and forecrop.

It was demonstrated that the application method—whether in-row (root-zone) placement or broadcasting—had no significant impact on the winter bread wheat yield when the crop was fertilized with ammonium nitrate, urea, or ammonium sulfate after sunflower as a forecrop. Yield variations under the influence of different fertilization methods were minor, ranging within 2–3%.

The optimal phenological phases for autumn ammonium nitrate application on winter wheat were determined in comparison with traditional early-spring fertilization. It was found that there was no difference in winter bread wheat yields between autumn fertilization, regardless of the phenological phase, and traditional early-spring nitrogen application. However, in years with a high HTC of 1.1–1.7 during the autumn period (2022 and 2024), autumn fertilization outperformed early-spring ammonium nitrate application by 6–9% in terms of yield level. The obtained data allow for adjusting traditional components of winter wheat cultivation technology by shifting nitrogen fertilization to the autumn period, which will facilitate technological operations during the more intensive early spring season.

The winter bread wheat cultivars most responsive to autumn nitrogen fertilization were identified: 20 cultivars from various originators were fertilized with ammonium nitrate at N_{30} and compared with the unfertilized control. In general, all studied cultivars responded to autumn nitrogen fertilization with ammonium nitrate; however, the greatest responses were recorded for 'Harmonika', 'Dyvo', 'Zdobna', 'Svitankova', 'Jersey', etc., which ensured a 13–15% increase in the yield of class 1–3 quality grain.

The effectiveness of the studied technological components was economically evaluated. The economic calculations showed that the most economically optimal nitrogen rates for winter bread wheat varied depending on whether black fallow, pea, or sunflower was used as a forecrop. Thus, after traditionally better forecrops, the highest estimated net profit, averaged across application timings, was achieved with fertilization at N_{30} —amounting to 31,273 UAH/ha and 34,636 UAH/ha after black fallow and pea, respectively. After sunflower, the optimal nitrogen rate for wheat was higher— N_{60} , resulting in an estimated net profit of 19,142 UAH/ha.

It was found that when winter bread wheat was fertilized, the optimal nitrogen rates differed depending on the type of fertilizer used after sunflower as a forecrop. When using ammonium nitrate and urea, the optimal rate was N_{60} , resulting in an estimated net profit of 19,142 UAH/ha with a 72% profitability rate, and 16,477 UAH/ha with a 64% profitability rate, respectively, averaged across nitrogen fertilizer application timings. In contrast, when using ammonium sulfate, a lower rate was optimal— N_{30} , providing 16,412 UAH/ha of estimated net profit and a 68% production profitability rate. A further raise in nitrogen rates led to a decline in the main economic performance indicators of winter bread wheat grain production.

Based on the established patterns, adaptive guidelines were developed for improving the cultivation technology components for winter bread wheat grown under unstable and insufficient precipitation. These guidelines involve an optimized nitrogen fertilization design, specifically differentiating application rates and timings depending on agroecological conditions, forecrops, and the type of nitrogen fertilizer.

The scientific novelty lies in the comprehensive approach to the interactions among the primary cultivation technology components for winter bread wheat grown under climate instability, as well as in determining the optimal forecrops, nitrogen fertilizer types, nitrogen rates, and fertilization timings.

The practical significance of the obtained results consists in the implementation of adaptive winter bread wheat cultivation technologies on a production scale on farms in the Kharkivska and Volynska Oblasts on a total area of over 1,025 ha. This ensured a 6–27% increase in yield, and an increase in protein and gluten contents by 1.0–1.2% and 2.1–2.5%, respectively, compared to traditional technologies.

Key words: winter wheat, agricultural culture, cultivation technology, cultivar, fertilizers, nutrient background, nitrogen topdressing, sowing dates, preceding crops, emergence, phenological phases, yield, stability, grain quality, productivity components, 1000-grain weight, protein content, gluten, weather conditions, economic efficiency.

ЗМІСТ

Розділ	Стор.
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1. ЗЕРНОВИРОБНИЦТВО ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	25
1.1. Сучасний стан та перспективи вирощування пшениці озимої в світі та в Україні	25
1.2. Значення попередника в технології вирощування пшениці	29
1.3. Вплив системи підживлення на формування врожайності та її якості в технології вирощування пшениці озимої	33
1.4. Визначна роль азоту у житті рослин	41
1.5. Форми азотних добрив	45
Висновки до розділу 1	49
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови	50
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень	51
2.3. Матеріали та схеми досліджень	64
2.4. Методика досліджень	69
Висновки до розділу 2	71
РОЗДІЛ 3. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ	72
3.1. Вологість ґрунту після різних попередників за фенологічними фазами пшениці озимої	72
3.2. Формування висоти рослин пшениці м'якої озимої за різних видів добрив, попередників, строків та фенологічних фаз	75
3.3. Формування маси рослин пшениці м'якої озимої за різних видів добрив, попередників, строків та фенологічних фаз	83
3.4. Структура врожайності пшениці м'якої озимої	90

Висновки до розділу 3	101
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ПІДЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ	105
4.1. Вплив попередника на ефективність доз азотного підживлення за різними строками внесення	103
4.2. Ефективність різних видів та доз азотних добрив залежно від строку їх внесення	110
4.3. Ефективність доз азотного підживлення залежно від фенологічної фази рослин	118
4.4. Вплив способів азотного підживлення залежно від строку їх внесення на врожайність пшениці озимої	121
4.5. Сортова реакція пшениці на систему азотного підживлення	126
Висновки до розділу 4	129
РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	131
5.1. Вплив попередника на ефективність доз азотного підживлення за різними строками внесення	131
5.2. Ефективність різних видів та доз азотних добрив залежно від строку їх внесення після попередника соняшник	145
5.3. Ефективність доз азотного підживлення залежно від фенологічної фази рослин пшениці м'якої озимої	156
5.4. Сортова реакція пшениці озимої на систему азотного підживлення	160
Висновки до розділу 5	164
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ	166
6.1. Економічна ефективність вирощування пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку внесення аміачної селітри після різних попередників	167

6.2. Економічна ефективність вирощування пшениці м'якої озимої 171
залежно від дози та строку внесення різних азотних добрив після
попередника соняшник

Висновки до розділу 6	175
ВИСНОВКИ	177
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	181
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	183
ДОДАТКИ	202

ВСТУП

Збільшення виробництва зерна – одна з найважливіших задач подальшого розвитку сільського господарства в усіх природно-кліматичних зонах України. Від її вирішення залежить задоволення зростаючих потреб населення в продуктах харчування. В умовах змін клімату, враховуючи сучасний науковий та практичний підходи, зважаючи на потенціал урожайності сучасних сортів, важливою проблемою є пошук оптимальних елементів технологій їх вирощування, які забезпечуватимуть збільшення та стабілізацію продуктивності пшениці озимої за роками вирощування із застосуванням прийомів адаптивного рослинництва, на що і спрямована дана робота.

Обґрунтування вибору теми дисертації. В умовах світового подорожчання ресурсів дуже важливим є оптимізація елементів технології вирощування та реалізація потенціалу врожайності й показників якості насіння сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах нестійкого та недостатнього зволоження. Особливої актуальності набуває проблема оптимізації використання добрив в умовах нестійкого та недостатнього зволоження східного Лісостепу України. В останні роки спостерігається тенденція до зростання середньодобових температур, нерівномірного розподілу опадів та збільшення частоти атмосферних і ґрунтових посух, особливо у критичних фазах кінця кущення – початку виходу в трубку, колосіння, цвітіння та наливу зерна.

Незважаючи на велику кількість наукових досліджень, до нашого часу залишаються недостатньо розкритими закономірності формування врожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої під впливом різних елементів технології вирощування культури. Також потребує додаткових досліджень проблема оптимізації азотного живлення, що набуває особливого значення в умовах нестійкого зволоження, глобального удорожчання добрив та інших матеріальних-технічних ресурсів. Оскільки формування високого врожаю якісного зерна пшениці залежить від багатьох чинників, архітектоніка азотного живлення має розраховуватися з обов'язковим урахуванням післядії

попередника, як базового елемента агротехнології. Зокрема, через скорочення площ під озимою пшеницею після традиційних попередників (гороху та чорного пару), суттєво зростає значення соняшнику та його впливу на систему азотного живлення наступної культури. Відсутність чітко обґрунтованих систем азотного підживлення в адаптивних технологіях з урахуванням попередника для сучасних сортів пшениці у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах створює ризики недоотримання врожаю.

Не менш актуальною залишається проблема вибору азотного добрива, з урахуванням його особливостей та умов використання. На практиці часто спостерігається перевищення оптимальних доз добрив при підживленні, що призводить до надмірного використання азоту, без суттєвого покращення урожайності, або якості зерна. Разом з тим, недостатньо дослідженим залишається питання строку підживлення, де традиційним вважається весняне внесення азотного добрива, а осіннє підживлення рахується неефективним.

Таким чином, існує наукова та виробнича потреба у комплексному дослідженні взаємодії попередника, виду азотного добрива, дози та строку внесення в комплексній системі технології вирощування пшениці м'якої озимої. Встановлення закономірностей формування врожайності, якості та стабільності продуктивності за інтегрованої дії цих чинників дозволить оптимізувати ресурсне забезпечення технології, мінімізувати ризики при виробництві в умовах нестійкого та недостатнього зволоження, підвищити економічну ефективність виробництва, що і визначило напрям наших досліджень, пріоритетність та актуальність яких обумовлені завданнями відповідних галузевих наукових програм.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження були проведені впродовж 2022-2026 рр. згідно ПНД 15 «Агробіологічні системи виробництва зерна в Україні. Селекція та насінництво кукурудзи і сорго. (Системи виробництва зерна)» за завданнями: «Регуляція процесів підвищення продуктивності зернових та зернобобових культур на основі застосування морфорегуляторів росту в умовах недостатнього

зволоження» (№ ДР 0121U100570); «Розроблення комплексу агрозаходів із підвищення продуктивності сучасних сортів пшениці озимої, ячменю ярого та гороху» (№ ДР 0124U000130).

Мета та завдання досліджень

Мета досліджень полягала в розробці та удосконаленні системи прикореневого азотного підживлення пшениці м'якої озимої, що має важливе практичне значення у вирішенні проблеми ефективного використання мінеральних добрив у зоні недостатнього та нестійкого зволоження України. Для досягнення мети було вирішено такі завдання:

- виявлено відхилення погодних умов від середніх багаторічних значень та встановлено їхній вплив на ріст, розвиток та формування продуктивності рослин;
- визначено запаси продуктивної вологи в шарах ґрунту після різних попередників за фазами росту й розвитку рослин;
- встановлено вплив різних видів азотних добрив (аміачна селітра, сульфат амонію, карбамід), їхніх доз, строків та способів внесення на ріст та розвиток рослин, урожайність та якість зерна залежно від попередника на фоні інтегрованого захисту посівів;
- встановлено сортову реакцію пшениці м'якої озимої на інтенсифікацію системи удобрення.
- проведено економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування.

Об'єкт досліджень – процес формування продуктивності агрофітоценозу, урожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої залежно від впливу елементів технології вирощування, а також зовнішніх факторів навколишнього середовища в умовах східної частини Лісостепу України.

Предмет досліджень – удосконалення елементів прикореневого підживлення сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах нестійкого та недостатнього зволоження.

Методи дослідження

У процесі проведення досліджень було використано експериментальні методи: польовий (сортовивчення для визначення врожайності, візуальний – для ведення фенологічних спостережень); структурний аналіз рослин (для визначення густоти стеблостою, коефіцієнту кущення, довжини та маси рослин, кількості зерен з колоса, маси зерна з колоса, маси 1000 насінин); лабораторний – для оцінки показників якості насіння (вмісту білка, клейковини, скловидності та натури зерна, індексу деформації клейковини та числа падіння); статистично-кореляційний, дисперсійний аналізи – для оцінки достовірності результатів дослідження; розрахунковий – для визначення економічної ефективності вирощування сортів пшениці м'якої озимої залежно від варіантів досліду.

Наукова новизна

У результаті проведених досліджень удосконалено теоретичні та практичні положення щодо підвищення врожайності пшениці м'якої озимої за допомогою азотного підживлення в умовах нестійкого та недостатнього зволоження східної частини Лісостепу України, які розширюють уявлення про ефективність технологічних підходів у вирощуванні цієї культури.

- проаналізовано закономірності росту та розвитку культури в умовах нестійкого та недостатнього зволоження у східній частині Лісостепу України;
- встановлено вплив технології азотного підживлення посівів на формування врожайності зерна різних сортів пшениці м'якої озимої;
- виявлено вплив строків і способів підживлення, виду азотного добрива та попередника на формування показників якості зерна пшениці м'якої озимої;
- удосконалено систему азотного підживлення рослин після різних попередників з урахуванням економічної ефективності різних систем удобрення пшениці м'якої озимої.

Практичне значення отриманих результатів

Унаслідок виконання програми досліджень було встановлено та рекомендовано виробництву найбільш оптимальні види азотних добрив, строки та дози їхнього внесення після різних попередників, які забезпечують одержання максимальної врожайності зерна високої якості пшениці м'якої озимої у зоні нестабільного на нестійкого зволоження.

Результати проведених досліджень мають важливе прикладне значення для удосконалення технологій вирощування пшениці м'якої озимої в умовах нестійкого та недостатнього зволоження, характерного для південно-східного регіону України. Практичне значення підтверджується можливістю їх широкого застосування у виробничих умовах.

Обґрунтовано оптимальні елементи технології вирощування пшениці (попередник, вид азотного добрива, доза азоту при підживленні, строк підживлення, фенологічна фаза під час підживлення), що дозволить агровиробникам підвищити ефективність використання водних та поживних ресурсів та стабілізувати врожайність за посушливих погодних умов.

Встановлено оптимальні дози аміачної селітри та строки підживлення пшениці після різних попередників (чорний пар, горох, сояшник), що забезпечує високий врожай якісного зерна, підвищує рівень агроєкологічної безпеки та економічну ефективність вирощування.

Визначено оптимальні дози та строки підживлення за використання різних азотних добрив (аміачна селітра, карбамід та сульфат амонію) для підвищення урожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої після попередника сояшник.

Встановлено оптимальні фенологічні фази росту й розвитку пшениці озимої після попередника сояшник для підживлення аміачною селітрою в осінній період.

Отримані результати впроваджено у виробничу практику господарств Харківської та Волинської областей на загальній площі понад 1025 га, що забезпечило підвищення врожайності на 6–27 %, збільшення вмісту білка та

клейковини відповідно на 1,0–1,2 % і 2,1–2,5 % порівняно з традиційними технологіями [E1–E7].

Особистий внесок здобувача

Автором особисто проведено аналіз джерел літератури за темою дисертації, закладено польові та лабораторні дослідження, обґрунтовано, узагальнено та здійснено аналіз результатів досліджень, сформульовані основні наукові положення дисертаційної роботи. Частка участі дисертанта у спільних публікаціях наукових статей та тез конференцій становить від 60 до 90 %.

Апробація матеріалів дисертації

Результати дисертаційного дослідження були заслухані, обговорені й позитивно оцінені на Міжнародній науково-практичній інтернет конференції «Сучасні технології в рослинництві», присвяченій 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого – рослинника Рожевського Бориса Миколайовича; Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва» присвяченій 120-й річниці від дня народження професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича Полякова.

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи викладено у 7 наукових працях, у тому числі в 3 статтях у фахових наукових виданнях України, 4 тезах Міжнародних наукових конференцій (додаток Г.1).

Структура і обсяг дисертації. Дисертацію викладено на 223 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі 149 сторінках основного тексту. Вона включає анотацію українською та англійською мовами, вступ, шість розділів, висновки, практичні рекомендації виробництву, список використаних джерел, який включає 179 найменувань, з них 48 латиницею, та 31 додатка. Робота містить 38 таблиць і 14 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ЗЕРНОВИРОБНИЦТВО ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Сучасний стан та перспективи вирощування пшениці озимої в світі та в Україні

Зернове рослинництво – найважливіша галузь сільського господарства, яка забезпечує людей продовольчим зерном, тваринництво – фуражним, а переробну галузь – сировиною для одержання інших продуктів [1]. При цьому пшениця озима є однією з найважливіших продовольчих зернових культур України [2].

В індустріально розвинених країнах на виробництво продовольства витрачаються близько 20-25% національних ресурсів, з них майже половина припадає на удобрення [3].

Одним із найважливіших завдань агропромислового комплексу України в сучасних соціально-економічних умовах є значне збільшення і стабілізація виробництва зерна. Зернове господарство є стратегічною і найбільш ефективною галуззю народного господарства, в якому пріоритетне значення належить виробництву пшениці озимої. Підвищення врожайності цієї культури, збільшення валових зборів зерна і поліпшення його якості було і залишається першочерговим завданням в умовах реформування, розвитку і вдосконалення сільськогосподарського виробництва країни. Пшениця завжди була і залишається основним продуктом харчування людини. Як свідчить історія розвитку людства, зерно пшениці є не тільки мірою добробуту народу і незалежності держави, але й стратегічною сировиною [4–13].

Україна має всі необхідні передумови для вирощування високих врожаїв зернових культур, валові збори високоякісного зерна яких у абсолютній більшості років можуть досягати 60 млн. тонн, з яких на долю пшениці повинно припадати 25–30 млн. тонн щонайменше. У той же час, Україна не більше, ніж

на 25–40 % використовує свої потенційні можливості щодо отримання прибутків від вирощування пшениці [14].

Вирішення проблеми продовольчого зерна пов'язано із збільшенням зерновиробництва саме пшениці м'якої озимої, яка в Україні займає близько 7 млн. га або 40 % посівних площ зернових культур і формує від 45 % до 50 % валових зборів зерна [15–16]. Однак, протягом останніх років, у період переходу країни до ринкових суспільних відносин за дефіциту техногенних ресурсів і низького рівня технологічного процесу відмічається нестабільне виробництво зерна та зниження рентабельності виробництва в цілому [17–23].

Причини низької ефективності зернової галузі впродовж останніх років полягають у недосконалості структури виробництва зерна, досить високій собівартості та низькій його якості. Недотримання науково обґрунтованих сівозмін та значне порушення систем обробітку ґрунту, удобрення та захисту посівів від хвороб, шкідників та бур'янів не дозволяють реалізувати потенціал урожайності сучасних сортів. Кризові наслідки ресурсного забезпечення сповільнили інтенсифікацію зерновиробництва, яке починаючи з 1996 р. до 2001 р. велося на екстенсивній основі, що в свою чергу негативно вплинуло на рівень урожайності, валові збори і ефективність виробництва зерна в екстремальні за погодними умовами роки [24–33].

Разом з тим, незважаючи на тенденцію збільшення врожайності, за останні роки в Україні в цілому не вдалося наростити стабільного зерновиробництва, а обсяги валових зборів зерна значною мірою коливаються – від 20,2 до 63,8 млн. т. Такі коливання у виробництві зерна обумовлюються не лише нестабільністю погодних умов, але й недостатнім рівнем впровадження у виробництво енерго- та ресурсозберігаючих технологій вирощування, розроблених з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, використанням новітньої техніки, кращих попередників, достатнього рівня органічного й мінерального удобрення, біологічних особливостей сортів тощо [34–41].

Зазвичай інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають виконання повного комплексу технологічних процесів,

але без урахування агроекологічних умов вирощування, що склалися в період розвитку рослин та без оптимізації факторів їх життєдіяльності у конкретних умовах вегетації. Внаслідок цього лише частина застосованих прийомів впливає на хід продукційного процесу, решта є малоефективними, а за певних умов навіть шкідливими [42–43]. Це насамперед стосується зміни режиму ґрунтових умов, мікроклімату у фітоценозі рослин, процесів у атмосфері, гідро-літосфері [43–44]. Масове використання необґрунтованих доз пестицидів та мінеральних добрив сприяє збільшенню не тільки врожайності, але і накопиченню токсичних речовин, які забруднюють агробіоценози, водні ресурси і продукцію [44, 45].

За оцінками багатьох вчених, ступінь впливу метеорологічних умов на рівень врожайності та його якість складає 30–60% від основних факторів, що їх формують. Амплітуди коливань врожайності за роками між собою подвоюються, а на регіональному та господарському рівнях досягають 60–80%. Необхідно зазначити, що ті умови які несприятливі для отримання високої врожайності будуть відповідними для отримання високобілкового зерна і навпаки [46].

Сучасні технології вирощування пшениці озимої мають ґрунтуватися на вивченні сортових особливостей, кліматичних та ґрунтових умов і чинників росту та розвитку рослин.

Високий рівень урожайності забезпечується оптимальним сполученням елементів продуктивності: числа продуктивних стебел, довжини колоса, числа колосків і зерен в колосі, маси 1000 зерен, маси зерна з одного колоса і усієї рослини. Вони віддзеркалюють кінцевий результат складної взаємодії усіх властивостей пшеничної рослини між собою із багаточисельними факторами довкілля. Академік П.П. Лук'яненко вважав найбільш важливим елементом продуктивності масу зерна з 1 колоса. В.Ф. Дорофеев та інші дослідники, вказують на дані одержані у різних географічних точках земної кулі, які встановили високий позитивний і доволі стабільний коефіцієнт кореляції між масою зерна з одного колоса та врожаєм з одиниці площі. За іншими ознаками цей показник значно варіює залежно від географічної зони, метеорологічних умов року та матеріалу, який використовують. Це пояснюється тим, що врожай

з одиниці площі є похідною двох величин: числа продуктивних стебел на ній та маси зерна з одного колоса. Так як продуктивна кущистість, принаймні у групи однотипних сортів, є порівняно постійною, то врожай в основному залежить від насінневої продуктивності [16].

Значною перепорою для підвищення урожайності пшениці м'якої озимої є несприятливі умови у осінньо-зимово-весняний період, які часто викликають пошкодження чи загибель посівів навіть холодостійких сортів. Ушкоджені рослини уповільнюють свій ріст та розвиток, знижується їх стійкість до хвороб, затягується дозрівання, внаслідок чого зменшується урожайність. Пшениця озима не має періоду глибокого спокою, однак вона здатна при низьких температурах значно знижувати інтенсивність фізіологічних процесів та темпи росту. Тому необхідно розрізняти осінній, зимовий та весняний періоди росту і розвитку рослин, які тією чи іншою мірою визначають здатність сорту до перезимівлі [47].

Впровадження інтенсивних і ресурсощадних технологій дає можливість значно поліпшувати якість зерна. Серед агротехнічних прийомів, що найбільше впливають на якість зерна пшениці озимої найважливіше значення мають сорти, мінеральні добрива, особливо азотні [48–53].

За останні 15 років затрати мінеральних добрив на виробництво одиниці рослинницької продукції зросли, але ще й донині їх непродуктивні втрати у вітчизняних агротехнологіях сягають 40 % і більше. Щодо основного внесення мінеральних добрив, то доведено, що час проведення даного агрозаходу не має суттєвого значення – чи вносилися вони під оранку, поверхневий обробіток ґрунту або передпосівну культивуацію. Але при розробці системи удобрення пшениці важливо також встановити оптимальні дози поживних речовин при основному внесенні, а саме азоту, що значною мірою визначає розвиток рослин восени, успішну їх перезимівлю, формування кількісних і якісних показників врожайності. Вплив основних елементів мінерального живлення, у т.ч. й азоту, на продуктивність пшениці озимої визначається насамперед особливостями ґрунту, попередником і погодно-

кліматичними умовами. За даними В. Ф. Сайка внесення добрив забезпечує 35 % прибавки врожайності. Так, за інтенсивної технології вирощування пшениці озимої прибавка врожайності становила від 0,72 т/га до 1,76 т/га, в тому числі від роздрібного внесення азотних добрив – 0,46–1,22 т/га, від системи захисту посівів від шкідників, хвороб і бур'янів – 0,22–1,19 т/га [54].

1.2. Значення попередника в технології вирощування пшениці м'якої

Ефективне використання потенціалу зернових культур має базуватися на досконалому вивченні факторів формування їх продуктивності в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Особлива роль належить сівозмінам, на основі яких розробляють всі інші підсистеми землеробства: удобрення, обробітку ґрунту, захисту рослин від хвороб, шкідників та бур'янів. Сівозміни забезпечують найбільш раціональне використання орних земель, матеріальних і ґрунтових ресурсів, позитивно впливають на родючість ґрунту. Встановлено, що науково обґрунтоване розміщення культур у сівозміні відповідно до їх біологічних вимог підвищує продуктивність кожного гектара ріллі на 25–30 % [55–58].

Науково обґрунтована сівозміна є основою землеробства, запорукою його стабільності, найбільш доступним і дешевим способом підтримки родючості ґрунту, боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками рослин, оскільки впливає на водний, поживний, біологічний режими ґрунту, швидкість детоксикації шкідливих речовин, які надходять у ґрунт в процесі сільськогосподарського виробництва [59–60]. Доведено, що науково обґрунтоване чергування культур є основою землеробства, запорукою його стабільності, оскільки істотно впливає на водний, поживний, біологічний режими ґрунту [61–66].

Сумісна дія попередника та агротехнічних заходів є одним із визначальних факторів формування умов росту і розвитку пшениці озимої, оскільки забезпечує оптимізацію водного, повітряного та поживного режимів ґрунту, що безпосередньо впливає на рівень урожайності та якість зерна культури [67–68].

Результатами практично усіх досліджень доведено значну позитивну роль усіх видів парів у підвищенні врожайності та якості продукції рослинництва. Традиційно у системі сівозмін України парам відводилося до 10 % площ орних земель. Пари вважалися найкращими попередниками для озимих зернових культур, які гарантували максимальну врожайність та якість зерна, зокрема пшениці озимої. Утім, починаючи з 90-х років минулого століття частка парів у структурі посівних площ істотно зменшилася. У більшості сільськогосподарських підприємств, особливо малих та середніх, від використання парів відмовилися повністю. Основною причиною відмови від парів є економічна. Річ у тім, що урожайність, яку фермер одержує після парової пшениці, не завжди перекидає витрати на утримання пару [69–74].

Для умов недостатнього зволоження України відмічено позитивну дію чорного пару на покращення водного режиму ґрунту у сівозмінах [54].

В умовах нестійкого та недостатнього зволоження в господарствах області кращим попередником для озимих зернових культур є чорний пар, який забезпечує стабільно високу врожайність усіх культур ланки сівозміни [75–76].

У зв'язку з посиленням інтенсифікації сільського господарства пшеницю озиму все частіше стали розміщувати після зайнятих парів та непарових попередників, які економічно більш вигідні за чисті пари. Частка кожної із цих груп попередників пшениці озимої залежить від типу ґрунтів, тривалості вегетаційного періоду, кількості опадів і внесених добрив перед сівбою тощо [77–78].

Однак у теперішній час розвиток наукового та технічного прогресу вимагає інтенсифікації сільськогосподарського виробництва із використанням інтенсивних сівозмін та вирощуванням високопродуктивних, конкурентоспроможних культур. До того ж, зміни у кліматі вимагають впровадження заходів, спрямованих на максимальне накопичення вологи у ґрунті для більш повного використання органічних решток і азоту повітря, у тому числі із застосуванням бобових культур [16, 79–80].

За даними Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва, чорний пар, як кращий попередник пшениці озимої, доцільно замінити на зернобобові культури, які за сприятливих умов осіннього періоду вегетації пшениці практично не поступаються чорному пару [16]. Подібні результати досліджень одержано і на Полтавській ДСГДС імені М. І. Вавилова у тривалих стаціонарних дослідках з вивчення сівозмін [16].

Серед непарових попередників одним з кращих є горох, оскільки за впливом на продуктивність рослин пшениці озимої при сприятливих погодних умовах він наближається до зайнятого пару [81]. Горох, як попередник, має багато корисних властивостей. Так, ця культура рано звільняє поле, що дозволяє вчасно підготувати ґрунт під сівбу озимини. Горох має незначну вегетативну масу, яка легко подрібнюється, швидко перегниває і на час сівби озимини не створює жодних перешкод. Також, як і усі бобові культури, завдяки діяльності бульбочкових бактерій горох здатен накопичувати азот у ґрунті, який засвоюється послідовними культурами [54]. Встановлено, що за рахунок азотфіксації у короткоротаційних сівозмінах із горохом відшкодовується 33–56 % витрат азоту з добрив і ґрунту на врожай культур [82].

Також існують відмінності щодо урожайності після різних попередників між сортами з різною технологією вирощування. Так, після кращих попередників більш доцільно розміщувати сорти інтенсивного типу, а після задовільних та гірших – пластичного. Останніми роками далеко не усім аграріям вдається розміщувати сорти озимих культур після кращих попередників. У багатьох господарствах через економічну недоцільність повністю відмовилися від парів, натомість озимі культури розміщують після таких попередників як соняшник, кукурудза на зерно та стерньові. Тому при виборі сорту обов'язково потрібно враховувати, після якого попередника він буде вирощуватися [83].

Внаслідок порушення системи сівозмін та зменшення періоду ротації культур з'явився гострий дефіцит оптимальних попередників для пшениці та інших озимих зернових. Під попередники останніх почали відводити повторно озимину, ярі зернові (ячмінь, пшеницю), соняшник, кукурудзу та сою. В

структурі цих нетрадиційних попередників особливе місце відводиться соняшнику, оскільки після ярих та озимих зернових внаслідок різкого погіршення фітосанітарних умов та виснаження ґрунту урожайність та якість озимих культур істотно знижується.

Традиційно вважається, що соняшник збіднює ґрунт на поживні речовини та висушує його. Так, для формування 1 тони насіння соняшник виносить з ґрунту 40–65 кг азоту, 15–30 кг фосфору, 100–160 кг калію. При цьому слід зазначити, що коренева система соняшнику поглинає калій переважно з глибоких ґрунтових горизонтів і більшу його частину залишає з побічною продукцією у верхній частині ґрунту, тим самим роблячи доступнішим для споживання послідовними культурами, адже соняшник має добре розвинену кореневу систему, яка проникає на глибину 3–4 м, а у горизонтальному напрямку – на 0,8–1,2 м. Тому своєчасна підготовка ґрунту після ранньостиглих гібридів соняшнику дає можливість сівби озимих в оптимальні та допустимі строки. Крім того, основним обмежуючим фактором сівби озимих зернових після соняшнику є строки збирання цього попередника. Так, на території Харківської, Донецької, Запорізької, Дніпропетровської та інших «соняшникових» областей соняшник починають збирати наприкінці серпня, що гарантує своєчасну підготовку ґрунту під послідовні посіви озимих зернових культур. Натомість сою у більшості регіонів країни починають збирати не раніше другої декади вересня, що у подальшому затримує сівбу озимини. У більшості сільськогосподарських підприємств понад 40 % площ після соняшнику відводять під посів озимини, а в окремих господарствах під посів озимих зернових відводиться 100 % площ після соняшнику. Отже, постає питання про ґрунтове вивчення соняшнику в якості попередника для озимих зернових культур. Для вирішення поставленого завдання необхідно розробити ефективні елементи технології вирощування озимих зернових культур після попередника соняшник і встановити, які фактори інтенсифікації мають найбільший вплив на процеси формування врожайності та якості зерна [54, 84].

1.3. Вплив системи підживлення на формування врожайності та її якості в технології вирощування пшениці озимої

Сучасний етап розвитку галузі рослинництва характеризується глибокими трансформаційними процесами, що зумовлені як глобальним зростанням попиту на продовольчу продукцію, так і необхідністю підвищення ефективності використання природних ресурсів у сільському господарстві. Починаючи з початку XXI століття, в Україні, як і в більшості аграрних країн світу, спостерігається чітка орієнтація на інтенсифікацію виробництва, впровадження високопродуктивних сортів, мінералізацію живлення та застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур [54].

Водночас значна частина наукових досліджень і практичних спостережень свідчить, що надмірна або технологічно необґрунтована інтенсифікація аграрного виробництва призводить до негативних екологічних наслідків, насамперед до деградації ґрунтового покриву. Порушення науково обґрунтованих сівозмін, спрощення структури посівних площ та надмірна концентрація окремих культур сприяють виснаженню ґрунтів, зниженню вмісту гумусу та погіршенню агрофізичних властивостей орного шару [54, 85].

Окремої уваги набуває проблема порушення балансу органічної речовини в ґрунті, що є прямим наслідком різкого скорочення поголів'я великої рогатої худоби та, відповідно, дефіциту органічних добрив. За таких умов істотно знижується можливість відновлення природної родючості ґрунтів, погіршується їх структурний стан і зменшується біологічна активність, що безпосередньо впливає на стабільність агроєкосистем [85].

Крім того, порушення сівозмін та недотримання оптимальних технологічних схем вирощування культур спричиняє активізацію ерозійних процесів, особливо на схилових територіях. Це призводить до втрат верхнього родючого шару ґрунту, зменшення водоутримувальної здатності та погіршення умов живлення рослин упродовж вегетаційного періоду [86].

В сучасних умовах аграрії прагнуть отримати високі й стабільні врожаї озимих зернових культур за рахунок природної родючості ґрунту та помірних доз мінеральних добрив. Утім, за даними Інституту ґрунтознавства і агрохімії НААН найкращі чорноземи ще не є достатньою умовою для отримання високих урожаїв. В перспективі норму внесення мінеральних добрив необхідно довести до 272–328 кг. Однак, витрати мінеральних добрив на виробництво одиниці рослинницької продукції зросли, а їх непродуктивні втрати у вітчизняних агротехнологіях складають більше 40 %. Тому, з урахуванням ґрунту, попередників і погодно-кліматичних умов важливо встановити оптимальні дози поживних речовин, що значною мірою визначає розвиток рослин восени, успішну їх перезимівлю, формування кількісних і якісних показників врожайності [87–88].

У сучасних технологіях вирощування пшениці озимої система удобрення залишається одним із ключових чинників формування врожайності та якості зерна, оскільки визначає ефективність використання рослинами елементів живлення впродовж вегетації. Актуальність цього питання посилюється в умовах розширення посівів після пізніх попередників, таких як кукурудза та соняшник, що часто призводить до зміщення строків сівби за межі оптимальних агротехнічних термінів [89].

За таких умов рослини входять у зиму недостатньо розвиненими, що знижує їх зимостійкість, послаблює процес кущення восени та негативно впливає на формування елементів структури врожаю. Пізні строки сівби є одним із найбільш ризикованих факторів технології вирощування, оскільки обмежують реалізацію генетичного потенціалу сорту. Якість зерна пшениці м'якої формується під впливом комплексу факторів, серед яких визначальними є агрокліматичні умови, сортові особливості та рівень технологічного забезпечення. Основними показниками якості залишаються вміст білка та клейковини, які безпосередньо визначають хлібопекарські властивості зерна [90].

Сучасні дослідження підтверджують, що формування високоякісного зерна неможливе без належного рівня мінерального живлення, особливо на ґрунтах із низькою природною родючістю. Азотні добрива відіграють провідну роль у підвищенні вмісту білка і клейковини, а їх ефективність зростає за умови оптимального розподілу протягом вегетації та поєднання з іншими елементами технології вирощування [91].

Дані різних науково-дослідних установ свідчать про те, що високий урожай зерна з підвищеним вмістом білка практично неможливо одержати на ґрунтах з низькою родючістю, якщо додатково не вносити добрива, зокрема азотні. Натомість внесення азотних добрив, особливо у пізні фази розвитку рослин, сприяє значному підвищенню вмісту білка та клейковини в зерні озимих зернових культур [54, 92–93].

Вирощування пшениці озимої задля отримання високої урожайності неможливе без використання органічних і мінеральних добрив. Регулюючи поживний режим ґрунту, створюють умови для одержання високих і стійких урожаїв зернових культур високої якості. Найкраще розвиваються рослини зернових культур при оптимальному забезпеченні необхідними факторами життя і високоякісному виконанні всіх агротехнологічних заходів. При цьому важливе значення має внесення основних елементів – фосфору, азоту та калію. [94].

Урожайність пшениці озимої значною мірою залежить від забезпечення рослин елементами мінерального живлення впродовж усього періоду вегетації [95–98]. На 1 т урожаю озима пшениця використовує 24–35 кг азоту, 10–15 кг фосфору, 20–26 кг калію, 5 кг кальцію, до 5 кг магнію, 4 кг сірки, 250 г заліза, 80 г марганцю, 55 г цинку, до 8 г міді та бору [96].

Визначено [99], що фактори мінерального живлення рослин впливають на якість і рівень урожаю та залежать від співвідношення показників клімату і погоди (температура, вологість ґрунту та повітря, тривалість та якість сонячної радіації) у просторі – зональний розподіл, та у часі – періоди розвитку рослин.

Інші вітчизняні вчені [100, 101] підтвердили цю думку, встановивши, що поряд з системою оптимізації живлення рослин, погодні умови періоду вирощування пшениці мають значний вплив на формування врожайності та якості зерна.

Поряд з цим, іноземні вчені [102–103], вивчаючи вплив удобрення на рослини пшениці озимої встановили, що врожайність культури у значній мірі обумовлюється і погодними умовами вегетації на фоні застосування добрив, які визначають біологічну доступність поживних речовин, засвоєння кореневою системою та перехід у врожай.

Інші зарубіжні вчені [104–105] встановили, що на врожай пшениці впливає взаємодія низки чинників, включаючи сорт, ґрунт, клімат та видові особливості культури. Врожайність зерна пшениці залежала від погодних умов: у дослідженні [94] виявлено значні співвідношення між виходом зерна пшениці озимої та опадами у вегетаційному періоді. Зроблено висновок, що оптимальні врожаї пшениці озимої формуються у відповідь на кількість опадів у діапазоні 450–500 мм на рік.

I. Jansone, Z. Gaile [106] визначили, що найменший урожай зернових формується за умови, коли перезимівля пшениці була проблематичною, а також коли врожай формувався у досить сухих погодних умовах, що були під час достигання зерна, і коли температура в липні (в період достигання та наливу зерна) була вищою, ніж середньо багаторічні показники.

Найголовнішим елементом, який до певної міри визначає найбільші прибавки урожайності і покращує біохімічні показники якості зерна, є азот, який в агрономічній практиці називають елементом росту [107]. Згідно з дослідженнями, сучасні сорти пшениці можуть давати високу врожайність зерна доброї якості лише на родючих ґрунтах і за внесення достатньої кількості добрив. Основною причиною низької якості зерна є дефіцит азоту в агроценозах пшениці, тому без достатнього його внесення одержати урожай високоякісного зерна здебільшого неможливо [108].

Одним з найбільш ефективних прийомів управління ростом і розвитком рослин та підвищення врожайності пшениці озимої є весняне підживлення її посівів азотними добривами. Підживлення створює сприятливі умови для росту рослин, формування добре розвиненої надземної маси та забезпечує надбавку врожайності зерна 0,3–0,9 т/га і більше [108].

Збільшення вмісту азоту в рослинах підсилює інтенсивність фотосинтезу, уповільнює природне старіння листків, особливо верхніх, у тому числі і прапорцевого листка. На початку вегетації азотні добрива підвищують інтенсивність росту рослин, сприяють накопиченню азотних сполук у вегетативних органах [108].

Ряд дослідів свідчать про рівноцінність осіннього і весняного внесення азотних добрив на посівах пшениці [108]. За даними, отриманими на Ізмаїльській дослідній станції [108], підживлення пшениці краще проводити восени на початку кушіння, а не весною. Проте інші дані [108] свідчать, що внесення азотних добрив весною дає більш суттєвий ефект, ніж восени або при внесенні частини добрив восени, а решти весною. За даними Д. Харапяка [108] у вологих районах осіннє внесення азоту забезпечує врожайність на 15% меншу, ніж весняне, а в умовах сухої весни, навпаки, осіннє внесення азоту ефективніше, ніж весняне.

Разом з тим, за умов дефіциту вологи збільшення обсягів застосування азотних добрив не завжди гарантує позитивні результати навіть за вирощування пшениці озимої після чорного пару та гороху [108–109].

Повідомляється, що дія азотних добрив за одноразового та роздільного внесення, як правило, однаковою мірою впливає на формування врожайності, а дво- та триразове внесення азоту інколи буває менш ефективним, ніж одноразове застосування всієї дози з осені [110].

Зміна клімату вносить свої корективи в технології вирощування сільськогосподарських культур як у світі в цілому, так і в Україні зокрема. Так, у багатьох господарствах озимі зернові культури почали висівати пізніше рекомендованих строків: у жовтні, а інколи у листопаді. За таких змін у

вироснуванні озимих культур нагальним постає питання адаптації системи удобрення до пізніх строків сівби. Зокрема, актуальним стає зміщення термінів проведення основного та припосівного внесення добрив, а також прикореневого та позакореневого підживлень. У деяких господарствах, де озимі культури вирощують за пізніх строків, дози основного удобрення стали зменшувати удвічі, натомість збільшили дози припосівного внесення добрив та наступних підживлень, які нерідко проводять в осінній період [111].

Сучасні стратегії управління азотом для озимої пшениці в посушливих районах засновані на дослідженнях, які показують, що всі добрива можна вносити під озиму пшеницю восени, коли річна кількість опадів не перевищує 480 мм; і навпаки, рекомендується ділити норму азоту на осіннє та весняне підживлення в районах, де випадає більше 650 мм опадів [112].

З метою підвищення та стабілізації виробництва зерна озимих культур після пізніх попередників рекомендовано застосовувати внесення мінеральних добрив як під основний обробіток ґрунту так і під час сівби у рядки та у підживлення [113]. Серед видів добрив, які застосовуються у весняне підживлення, більшість аграріїв перевагу традиційно віддають аміачній селітрі, натомість застосування цього виду добрив в осіннє підживлення ще мало вивчене [113].

Внесенням добрив восени у підживлення можна певною мірою впливати на ріст та загартовування рослин, від чого залежить зимостійкість пшениці [114]. У першу чергу необхідно підживлювати посіви пізніх строків сівби та після гірших попередників, зокрема зернових, залишаючи соломі на полі. Під час мінералізації рослинних решток мікроорганізми використовують азот із ґрунту, який стає недоступним для рослин. Інтенсивне використання поживних речовин з ґрунту призводить до мінерального голодування, що може призвести до значного випадіння посівів [114]. Внаслідок дії високих осінніх температур (понад 10 °C) продовжується вегетація озимих культур, інтенсивно наростає надземна маса рослин, у той час як коренева система залишається слаборозвиненою і не росте. Ось чому у цей період важливим є проведення

підживлення рослин [114]. За багаторічними даними, осіннє підживлення підвищує врожайність пшениці озимої в середньому на 0,3–0,5 т/га. Втім, найбільш доцільно його проводити на посівах пізніх строків сівби. Найвищий рівень приросту урожайності пшениці озимої забезпечує осіннє підживлення у фазі кушення дозою N_{30} – 0,65–0,75 т/га та близький за значенням – за триразового підживлення загальною нормою N_{60} (N_{15} – по таломерзлому ґрунту + N_{30} – трубкування + N_{15} – колосіння) – 0,70–0,80 т/га [115].

За дослідом [116], пшениця значно краще реагувала на осіннє підживлення азотними добривами. Найбільшої врожайності вдалося досягти при N_{120} , а при підвищенні дози азоту при осінньому підживленні до N_{180} збільшення врожайності не тільки не спостерігалось, а і навпаки – врожайність значно знизилася. Це означає, що при збільшенні кількості азоту вище за оптимальний рівень, ефективність використання азоту знижується, що призводить до збільшення втрат азоту у довкілля. Це типова реакція, підтверджена у дослідженнях пшениці [117] та інших зернових культур, зокрема кукурудзи [118].

Також, дослід показав, що у посушливих умовах термін застосування азотних добрив мало впливав на рентабельність вирощування озимої пшениці, а ефективність підживлення залежала від опадів та вологості ґрунту [119].

Ефективність удобрення озимих залежить також від типу ґрунту. На легких ґрунтах внесений пізно восени азот вимивається в зимовий період, тому проводити підживлення озимих культур осінню не рекомендується [115]. На важких ґрунтах в районах з обмеженою кількістю опадів в осінньо-зимовий період амонійні тверді, рідкі аміачні добрива і сечовину можна вносити восени [120].

Прикореневий спосіб внесення азоту на пшеницю, як правило, краще, ніж розкидний, тому що добриво вноситься саме під кореневу систему проростків, завдяки чому рослини можуть легше використовувати азот із добрив. Кількість добрив, необхідних на одиницю площі при прикореневому способі підживлення нижче, ніж при розкиданні [112].

Сучасні дослідження підтверджують, що ефективність використання азотних добрив у посівах озимої пшениці суттєво залежить не лише від норми внесення, але й від строків та способу їх локалізації в ґрунті. Оптимізація просторового розміщення азоту дозволяє узгодити надходження елементів живлення з фізіологічними потребами рослин, що підвищує коефіцієнт використання добрив та зменшує втрати азоту внаслідок вимивання, денітрифікації та випаровування [112, 121–122].

На якість зерна пшениці впливають генетичні, екологічні чинники та взаємодія між ними [123–125]. Азотні добрива, що застосовуються при вирощуванні, також впливають на якість одержуваного зерна, що насамперед стосується вмісту та складу білкових речовин. Із збільшенням дози азоту вміст білка, у тому числі глютенів, збільшується до певного рівня [126–127].

Технологічна цінність зерна пшениці залежить від хімічного складу та фізико-хімічних властивостей окремих компонентів та взаємодії між ними. Серед хімічних компонентів найбільше значення у формуванні технологічних властивостей пшениці мають запасні білки – гліадин та глютенін. Після змішування цих білків з водою вони утворюють клейковинний комплекс, характерний для структури пшеничного тіста. Вони виконують структуроутворюючу функцію у хлібіві, що обумовлено їхньою здатністю утворювати розгалужену структуру, яка при замісі тіста оточує набряклі зерна крохмалю і зумовлює утримування газів, що виділяються при бродінні тіста [128].

Літературні дані [128–129] показують, що вище накопичення білкових речовин відбувається в умовах сухої та сонячної погоди в період від колосіння до воскової стиглості зерна.

Число падіння, що визначає активність α -амілази, є важливим показником здоров'я зерна. Воно пов'язане із стійкістю рослин пшениці до проростання на пні [128].

Більш ранні дослідження [128] показали, що активність амілолітичних ферментів сильно залежить від погодних умов, що переважають під час

дозрівання зерна та збирання врожаю. Якщо в цей період випадає мало опадів, зерно має низьку амілолітичну активність, тоді як підвищена кількість опадів призводить до підвищення амілолітичної активності зерна, що може навіть призвести до його проростання на пні.

Дослідженнями [130] встановлено, що збільшення азоту при підживленні не завжди впливає на підвищення рівня клейковинних білків та на активність амілопектичних ферментів, де генетичний фактор має вирішальне значення.

1.4. Визначна роль азоту у житті рослин

З-поміж основних елементів живлення рослин азоту належить одне з чільних місць. Невичерпним його джерелом є атмосфера, 78 % якої припадає саме на цей елемент. Варто лише сказати, що в повітрі над 1 га земної поверхні міститься понад 80 тис. т (над 1 м² ґрунту – близько 8 т) молекулярного азоту, який є єдиним джерелом поповнення запасів зв'язаного азоту в ґрунті, а загальний вміст азоту в земній корі (переважно у складі солей амонію, нітритів і нітратів) становить лише 0,01 % [131].

Важливу роль у збагаченні ґрунтів зв'язаним азотом відіграє процес біологічної фіксації молекулярного азоту ґрунтовими мікроорганізмами – азотфіксаторами. До фіксації азоту здатні лише прокаріоти – організми, які не мають сформованого ядра (бактерії, ціанобактерії), їм притаманний високий коефіцієнт розмноження та адаптації до умов середовища, а ферментативні системи можуть відновлювати азот до різноманітних сполук. Вищі рослини не здатні використовувати молекулярний азот як джерело азотного живлення. Біологічна фіксація азоту відбувається за нормальних температури і тиску в нейтральних водних розчинах під дією дуже слабких відновників [132].

Найбільше практичне значення у збагаченні ґрунтів азотом завдяки засвоєнню його з повітря мають такі групи ґрунтових мікроорганізмів, як бульбочкові бактерії, які фіксують молекулярний азот у симбіозі з бобовими рослинами; різноманітні вільноіснуючі азотфіксувальні бактерії, поширені у

грунтах; асоціативні мікроорганізми, здатні засвоювати молекулярний азот в асоціаціях із кореневою системою небобових рослин [133].

Азотфіксувальні мікроорганізми можуть засвоювати з повітря від 40 до понад 300 кг азоту на гектар за рік. Цей процес не забруднює довкілля і не потребує значних енергетичних витрат. Про значущість біологічної азотфіксації свідчить той факт, що у світовій практиці сільського господарства щороку в ґрунт із мінеральними добривами вноситься 35 млн т азоту, тоді як за цей самий час рослини поглинають із ґрунту приблизно 75 млн т цього елемента. Різниця між цими кількостями покривається завдяки діяльності мікробів-азотфіксаторів, насамперед бульбочкових бактерій, які зв'язують молекулярний азот у легкозасвоювані для рослин форми. Бульбочкові бактерії селяться на корінні бобових рослин, ініціюють утворення корневих бульбочок, після чого між рослиною і бактеріями виникає симбіоз: бактерії зв'язують молекулярний азот атмосфери, передають його рослині, яка, в свою чергу, забезпечує їх іншими поживними речовинами [132–133].

Серед органогенних елементів азот відіграє одну з найважливіших ролей у житті рослин попри те, що в сухій масі рослинних тканин його вміщується лише 1–3 %. Він входить до складу всіх простих і складних білків, які є головною складовою цитоплазми рослинних клітин, входить до складу нуклеїнових кислот. Азот міститься в хлорофілі, фосфатидах, алкалоїдах, ферментах. Найбільше азоту в насінні зернових (1,5–3 %) і зернобобових (2,5–5 %) культур на суху речовину, тоді як у соломі зернових злаків не більш як 0,4–0,6 %. Потреба сільськогосподарських культур в азоті порівняно з іншими елементами живлення виявляється частіше і більшою мірою. Ефективність удобрення азотом щодо впливу на врожай – найвища [134]. Азот, який надійшов у рослини в мінеральні форми, проходить складний цикл перетворень, кінцевим етапом яких є включення його до складу білкових молекул [134–135].

Проблему азоту в живленні рослин і землеробстві пояснюють кількома причинами. По-перше, вищі рослини неспроможні безпосередньо використовувати вільний азот із повітря. Лише бобові та деякі інші рослини за

допомогою бульбочкових бактерій можуть частково засвоювати цей елемент з атмосфери. По-друге, в земній корі вміст азоту дуже незначний. Отже, більшість ґрунтів містять обмежені його запаси. По-третє, в умовах сучасного землеробства значна кількість азоту непродуктивно втрачається як із самого ґрунту, так і з внесених добрив.

Умови азотного живлення сильно впливають на ріст та розвиток рослин. При нестачі азоту ріст їх різко погіршується. Особливо сильно позначається нестача азоту на розвитку листків: вони стають дрібними, набувають світло-зеленого забарвлення, передчасно жовтіють, стебла стають тонкими й слабо гілкуються. Погіршується також формування й розвиток репродуктивних органів і налив зерна. За умови нормального азотного живлення рослин підвищується синтез білкових речовин, підсилюється та довше зберігається життєдіяльність організму, прискорюється ріст та сповільнюється старіння листків. Рослини мають потужні стебла та листя інтенсивного зеленого забарвлення, добре ростуть і кущяться. У результаті різко підвищуються врожай і вміст білку в урожаї. Однак однобічне надлишкове азотне живлення, особливо в другій половині вегетації, затримує дозрівання рослин, вони утворюють більшу вегетативну масу, але мало зерна або бульб і коренеплодів [136].

Наземні рослини поглинають азот в основному корінням з ґрунту, хоча сечовина з амідною формою азоту (NH_2) може поглинатися листям при оприскуванні по вегетуючим рослинам. Найбільший вміст азоту у ґрунті – це органічна речовина, із якої рослини неспроможні засвоювати азот. Неорганічні сполуки азоту вивільняються при мінералізації органічної речовини, при розкладанні органічних решток, або із хімічних добрив [137].

Головним джерелом азоту для харчування рослин служать солі азотної кислоти, зокрема аніон NO_3^- та солі амонію, зокрема катіон NH_4^+ . Іони NH_4^+ не занадто рухливі, добре абсорбуються аніонами, важко вимиваються опадами, і тому в ґрунтовому розчині їхня концентрація значно вище, ніж NO_3^- . У ґрунтах, багатих глинистими мінералами, вміст азоту у формі NH_4^+ може досягати 2–3 т/га. У верхніх шарах ґрунту фіксований азот NH_4^+ становить 5–

6 % загального вмісту азоту в ґрунті, у більш глибоких шарах, з вищим вмістом глинистих часток, – до 20 % і більше. Аніони NO_3^- , навпаки, рухливі, погано фіксуються в ґрунті, легко вимиваються ґрунтовими водами в глибші шари й водойми. Уміст нітратів у ґрунті особливо зростає навесні, коли створюються умови, які стимулюють діяльність нітрифікуючих бактерій. Уміст азоту NO_3^- у ґрунтовому розчині сильно варіюється залежно від швидкості поглинання нітратів рослинами, інтенсивності мікробіологічних процесів і процесів вимивання [134–135].

Рослини однаково використовують амонійну та нітратну форми азоту. За певних умов кращим джерелом азоту для рослин можуть бути катіони NH_4^+ , за інших – аніони NO_3^- . Перевага однієї форми азоту над іншою залежить від реакції середовища, його іонного складу, концентрації в розчині кальцію, магнію, амонійних і нітратних солей, забезпеченості рослин вуглеводами. Так, за кислої реакції середовища рослини краще засвоюють нітратну, а в умовах нейтральної – амонійну форму азоту. Кінцевим продуктом засвоєння тієї чи іншої форми азоту є білкові речовини, що утворюються внаслідок синтезу амінокислот.

Рослини поглинають азот і синтезують білок та інші азотисті речовини впродовж усієї вегетації, але інтенсивність цих процесів та вміст азоту як загалом у рослині, так і в окремих її органах різний у різні фази росту й розвитку. Під час проростання насіння запасні білки ендосперму розщеплюються і продукти гідролізу використовуються для побудови білків інших органів рослин [134].

Амоній є ключовим компонентом у засвоєнні азоту в органічні сполуки. Нітрат, що поглинається з коренів, відновлюється в коренях до нітриту, а потім до амонію, або транспортується до пагонів та листків, після чого відновлюється до амонію. Іншим первинним продуктом фіксації азоту є аміак [138]. Амоній, що поглинається ззовні клітини асимілюється з глутаматом для отримання глутаміну за допомогою спеціалізованих ферментів. Після того, як амоній асимілюється до глутаміну, аміногрупа переноситься на органічні кислоти для виробництва різних амінокислот. Білки являють собою послідовності

амінокислот, з'єднаних пептидними зв'язками, і зазвичай складають найбільший відсоток (близько 80%) рослинного азоту [138].

1.5. Форми азотних добрив

Сучасний асортимент азотних мінеральних добрив, що випускаються промисловістю, поділяють на шість груп: аміачні, амонійні, нітратні, амонійно-нітратні, амідні та аміакати. В окрему групу виділяють тривалодіючі азотні добрива [134].

Традиційним видом добрив, яке використовується для прикореневого підживлення, є аміачна селітра, натомість останнім часом все частіше застосовують карбамід. Виникає логічне питання щодо застосування у підживлення комплексних добрив. Відомо, що аміачна селітра (NH_4NO_3) містить азот у двох формах – амонійній (NH_4^+) та нітратній (NO_3^-). Після внесення в ґрунт амоній поглинається ґрунтовим вбирним комплексом, що знижує його рухомість, частково зазнає нітрифікації. Нітратна форма азоту утворює легкорозчинні солі, які можуть вимиватися в глибші шари ґрунту. Карбамід (сечовина) ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) містить азот в амідній формі. Після засвоєння рослинами всього азоту від карбаміду в ґрунті не залишається ні кислих, ні лужних залишків і реакція ґрунтового розчину не змінюється. До останнього часу серед вчених-дослідників та виробничників не існувало єдиної думки щодо того, яке з цих видів добрив для пшениці озимої є найбільш оптимальним (за внесення однакових доз) для формування врожайності та показників якості зерна [54].

На відміну від фосфорних добрив, які сильно різняться по розчинності, найчастіше використовувані азотні добрива – сульфат амонію, сечовина (карбамід), КАС та амонійна селітра – розчинні у воді. За відсутності умов, що викликають випаровування аміаку, вилуговування нітратів та/або денітрифікацію, доступність азоту з цих азотних добривах найчастіше приблизно однакова. Це було продемонстровано в довгостроковому (3 роки) тепличному дослідженні з послідовною системою обробітки культур пшениця – кукурудза –

пшениця – кукурудза – пшениця, де було виявлено, що при внесенні сульфату амонію, сечовини і аміачної селітри у трьох різних місцях з приблизно однаковим рН ґрунту (6,4–6,6) і (17%–64% вмісту глини), не було суттєвих відмінностей у врожайності культур [139].

Сульфат амонію $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ є одним із поширених азотних добрив, що містить близько 21% азоту у формі амонійного іона та приблизно 24% сірки у формі сульфат-іона. У агрономічній практиці він використовується як джерело азоту та сірки, особливо на ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, де додатково проявляється його здатність до слабого підкислення ґрунтового розчину, що може покращувати доступність поживних елементів для рослин [139].

Сульфат амонію добре розчиняється у воді, що забезпечує швидке надходження іонів амонію та сульфату у ґрунтовий розчин і їх доступність для рослин. Завдяки кристалічній структурі та фізико-хімічним властивостям сульфат амонію має відносно низьку гігроскопічність, слабку схильність до злежування та добру розсипчастість, що забезпечує його зручність у зберіганні та внесенні стандартними туковими агрегатами [134, 140].

Сульфат амонію характеризується відносно низькою концентрацією азоту порівняно з іншими мінеральними добривами, що зумовлює більші транспортні та логістичні витрати при його застосуванні. Водночас його фізіологічна кислотність пов'язана з процесами нітрифікації амонійного азоту в ґрунті, що може призводити до поступового зниження рН за тривалого застосування без достатньої буферної здатності ґрунту або внесення кальцієвмісних матеріалів [134, 139].

Після внесення в ґрунт сульфат амонію швидко розчиняється у ґрунтовій волозі, переходячи у форму амонію (NH_4^+) , який активно взаємодіє з катіонообмінним комплексом ґрунту. Завдяки цьому амонійна форма азоту частково фіксується ґрунтовими колоїдами та поступово використовується рослинами в процесі обмінних реакцій і нітрифікації, що забезпечує відносно стабільне азотне живлення культур протягом вегетації [134, 141].

Одним з найбільш поширених видів азотних добрив, яке використовується для удобрення пшениці озимої є амонійна селітра (нітрат амонію) - NH_4NO_3 . Традиційна назва – «аміачна селітра» – неточна. Правильніше називати це добриво амонійною селітрою. Вона містить 34,6% нітратного та амонійного азоту у співвідношенні 1:1.

Амонійна селітра (NH_4NO_3) є повністю водорозчинним азотним добривом, яке після внесення швидко дисоціює на амонійні та нітратні іони. У ґрунтовій системі амонійна форма може тимчасово утримуватися на катіонообмінному комплексі ґрунту, тоді як нітратна форма залишається у ґрунтовому розчині та є більш рухомою, що підвищує ризик її вимивання з профілю ґрунту [134, 142–143].

Поєднання двох форм азоту в амонійній селітрі визначає її як добриво зі змішаною фізіологічною дією. Амонійна форма сприяє швидкому початковому живленню рослин, тоді як нітратна забезпечує більш тривале надходження азоту. При цьому баланс між цими формами зумовлює помірну фізіологічну кислотність порівняно з виключно амонійними добривами [144].

Амонійну селітру застосовують як для допосівного (основного), так і для рядкового (при посіві) удобрення, а також для підживлення в період вегетації.

В умовах вологого клімату, особливо на легких по гранулометричному складу ґрунтах, де можливе вимивання нітратного азоту, внесення нітрату амонію восени під зяблеву оранку менш ефективно, ніж навесні під передпосівну культивуацію. У менш зволжених районах амонійну селітру можна вносити і восени, без вимивання азоту. Амонійну селітру широко використовують і для ранньовесняного підживлення озимих культур [134].

Сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) є найбільш концентрованим твердим азотним добривом із вмістом близько 46% азоту. У ґрунті воно швидко гідролізується під дією уреазі з утворенням амонійної форми азоту, яка далі включається в процеси нітрифікації та рослинного живлення. Завдяки високій концентрації азоту карбамід є економічно ефективним джерелом азоту для сільськогосподарських культур [134].

Гранульований карбамід характеризується доброю фізичною якістю: однорідним гранулометричним складом, достатньою механічною міцністю та низькою схильністю до злежування, що забезпечує його ефективне використання в механізованих системах внесення добрив [134–136].

Одним із технологічних обмежень використання карбаміду є можливий вміст біурету, як побічного продукту виробництва. Високі концентрації біурету можуть проявляти фітотоксичність, особливо при позакореновому внесенні, тоді як низькобіуретні форми карбаміду є безпечними для листового підживлення сільськогосподарських культур [134–136].

Через кореневу систему азот карбаміду в молекулярній формі поглинається досить мало, але стає доступним після гідролітичних перетворень амідної форми на амонійну. Під дією ферменту уреаз, який продукується уробактеріями і корінням рослин, карбамід зазнає гідролізу і впродовж 2–3 діб (на родючих ґрунтах за оптимальних умов зволоження і температури) перетворюється на карбонат амонію. Карбонат амонію – сполука малостійка. На повітрі швидко розкладається на гідрокарбонат амонію та аміак, внаслідок чого відбуваються газоподібні втрати аміаку, особливо на малобуферних ґрунтах [134].

За поверхневого внесення карбаміду без негайного загортання в ґрунт і за відсутності достатньої вологості можливі значні втрати азоту у вигляді аміаку внаслідок процесу гідролізу сечовини та подальшої амоніфікації. Найбільші втрати спостерігаються на ґрунтах із нейтральною та лужною реакцією, де аміачна волатилізація може досягати значних величин і суттєво знижувати ефективність добрива [146].

На відміну від ґрунтового живлення, при позакореновому внесенні карбамід може поглинатися листовою поверхнею рослин як молекула сечовини з подальшим включенням у метаболічні процеси азотного обміну після ферментативного розщеплення. Така форма живлення є ефективною за умов дефіциту азоту в критичні фази розвитку рослин і широко використовується у сучасних технологіях вирощування зернових культур [147–148].

Сечовину застосовують як основне добриво на всіх ґрунтах під різні сільськогосподарські культури. При цьому її ефективність в умовах богарного землеробства рівноцінна ефективності амонійної селітра, а в умовах зрошування – сульфату амонію. При промивному водному режимі ґрунтів (на легких ґрунтах і при зрошенні) сечовина більш ефективна, ніж амонійна селітра, тому що амідний азот сечовини, швидко перетворюючись на аміачний, поглинається ґрунтом і менше вимивається з кореневмісного шару [134].

Висновки до розділу 1

Пшениця м'яка озима є однією з основних сільськогосподарських культур як в Україні так і у світі. Технологія вирощування пшениці має ряд особливостей, знання яких необхідне для отримання високих врожаїв якісного зерна. Огляд літературних джерел показує, що велика кількість робіт вітчизняних і зарубіжних авторів присвячена вивченню технології вирощування пшениці м'якої озимої, зокрема впливу попередників на врожайність та якість зерна, азотному підживленню у різні строки, різними нормами та різними формами добрив, з використанням різних способів внесення азоту. Але в умовах східної частини Лісостепу України з урахуванням особливостей сучасних сортів та змін, що відбуваються в кліматі ці елементи технології ще не достатньо вивчені. Кліматичні зміни сьогодення, з тривалими посушливими, бездошовими періодами потребують перегляду традиційних систем азотного підживлення, де пріоритетом завжди було саме весняне підживлення.

Враховуючи це, нами передбачено удосконалення основних елементів технології вирощування пшениці озимої з урахуванням особливостей нових сортів та погодно-кліматичних умов зони вирощування для забезпечення одержання стабільно високої врожайності якісного зерна пшениці м'якої озимої, що має високу актуальність та пріоритетність в галузі рослинництва АПК України.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Дослідження проводили в лабораторії рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України у 2020–2024 рр. в стаціонарній дев'ятипільній паро-зерно-просапній та короткоротаційній зерно-просапній сівоzmінах. Дослідні поля розташовані в Харківському районі Харківської області в північно-східній частині Лісостепу України. Лабораторні дослідження проводили у лабораторії імунітету, біотехнології та якості.

Ґрунтовий покрив дослідних полів представлений чорноземом типовим середньо-гумусним, який сформувався в умовах нестійкого та недостатнього зволоження під лучною та степовою рослинністю на материнській породі – лесі. Вміст гумусу (за Тюріним) становить близько 6 %, ґрунтовий розчин має слаболужну або нейтральну реакцію (рН – 5,8–7,0). Ґрунт добре насичений магнієм, кальцієм та іншими необхідними для рослин мікроелементами, має досить потужний (до 30 см) темно-сірий горизонт з зернисто-грудкуватою структурою. Товща гумусового горизонту становить 60–75 см, а загальна потужність ґрунтового профілю – 110–140 см. Валовий вміст азоту коливається в межах 0,2–0,5 %, фосфору – 0,15–0,30 % та калію 2,0–2,5 %. Вміст лужногідролізованого азоту у ґрунті дослідних полів був переважно низьким (в середньому 132 мг/кг ґрунту), рухомого фосфору середнім (110 мг/кг ґрунту) та рухомого калію високим (127 мг/кг ґрунту) [54].

У східній частині Лісостепу клімат помірно-континентальний. За ґрунтово-кліматичними умовами ця зона сприятлива для вирощування високих урожаїв основних сільськогосподарських культур. За багаторічними даними середньорічна температура повітря становить 7,1 °С тепла, вегетаційного періоду – від 14 до 16 °С. Сума ефективних температур за рік становить близько

2700 °С. Середня тривалість вегетаційного періоду (час з температурою понад 5 °С тепла) становить 200 діб [149].

Літні місяці характеризуються високою температурою повітря. Середньодобова температура у червні сягає +18,9 °С, у липні – +21,1 °С, у серпні – +19,6 °С. Максимальна температура повітря досягає +38–39 °С, на поверхні ґрунту – до +50–60 °С. Коливання температури повітря і ґрунту по роках також значні. Вітри переважно західного та північно-західного напрямів.

Зими є переважно малосніжними, з частими відлигами. В середньому безморозний період триває 115 діб. Строки припинення осінньої вегетації озимих за роками сильно коливаються. Взимку переважають вітри східного та південно-східного напрямку. Перехід середньодобової температури через 0 °С навесні відбувається 20–25 березня, часто на 10–15 днів раніше або пізніше. Весняні приморозки припиняються здебільшого у третій декаді квітня, але нерідко час їх настання спостерігається ще наприкінці травня. Літні місяці, а також нерідко травень та вересень характеризуються високою температурою повітря. Її середньодобовий показник у червні становить 20,2 °С, у липні та серпні – відповідно 21,4 °С та 20,6 °С. Максимальна температура повітря сягає 39–41 °С, а на поверхні ґрунту – до 60 °С. Такі високі її показники відмічаються в період від 11 до 15 години дня. Влітку переважають вітри західного та північно-західного напрямку. Тобто, напрям вітру взимку та влітку протилежний. Середня багаторічна відносна вологість повітря становить 63 % [114].

Протягом останніх десятиліть клімат на території України, зокрема і у досліджуваній місцевості, істотно змінився, набувши посиленої континентальності, що принесло в цілому негативні тенденції в розвиток усієї галузі рослинництва [114].

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Для характеристики кліматичних умов вегетації пшениці озимої були використані дані Харківського гідрометцентру, а також дані найближчих

метеопунктів – ДП ДГ «Елітне» Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН та Рогань.

У роки проведення досліджень протягом 2020–2022 рр. та 2023/2024 рр. погодні умови були мінливими та контрастними, зі значними відхиленнями від середніх багаторічних показників, що дозволило дати більш повну, всебічну та об'єктивну оцінку одержаним результатам.

Посівний (осінній) період.

Одним з визначальних для рослин озимих зернових культур є посівний (осінній) період. Лише за умови доброго забезпечення вологою та за оптимальної температури повітря у цей період можливе одержання своєчасних та якісних сходів, закладення пагонів кушіння та протікання процесів яровизації й загартування рослин [150–152].

Аналіз температури повітря у посівний період свідчить про те, що протягом періоду досліджень відбувалися істотні відхилення показників від середніх багаторічних даних переважно у сторону потепління. Так, середньодобова температура серпня протягом трьох років досліджень перевищувала середню багаторічну норму на 0,8–4,1 °С, або на 4–20 %. У вересні в двох роках (2020 р. і 2023 р.) з трьох температура повітря перевищувала норму на 3–4,3 °С, або на 21–30 %, сягаючи максимального показника – 18,8 °С у 2020 р., а у 2021 р. відмічали зниження фактичної температури за вересень порівняно з багаторічною нормою відповідно на 0,5 °С, або на 4 %. У жовтні за весь досліджуваний період відбувалося підвищення середньодобової температури повітря на 0,7–5,2 °С, або на 9–69 %, набуваючи максимального значення – 12,7 °С у 2020 р.

Серед усіх осінніх місяців максимальне потепління за досліджуваний період (2020–2021 рр., 2023/2024 рр.) відбувалося у листопаді. Так, температура повітря значно перевищувала норму – на 1,8–4,1 °С, або на 300–683 %. Максимально теплим листопад був у 2023 р. (4,7 °С) (рис. 2.1).

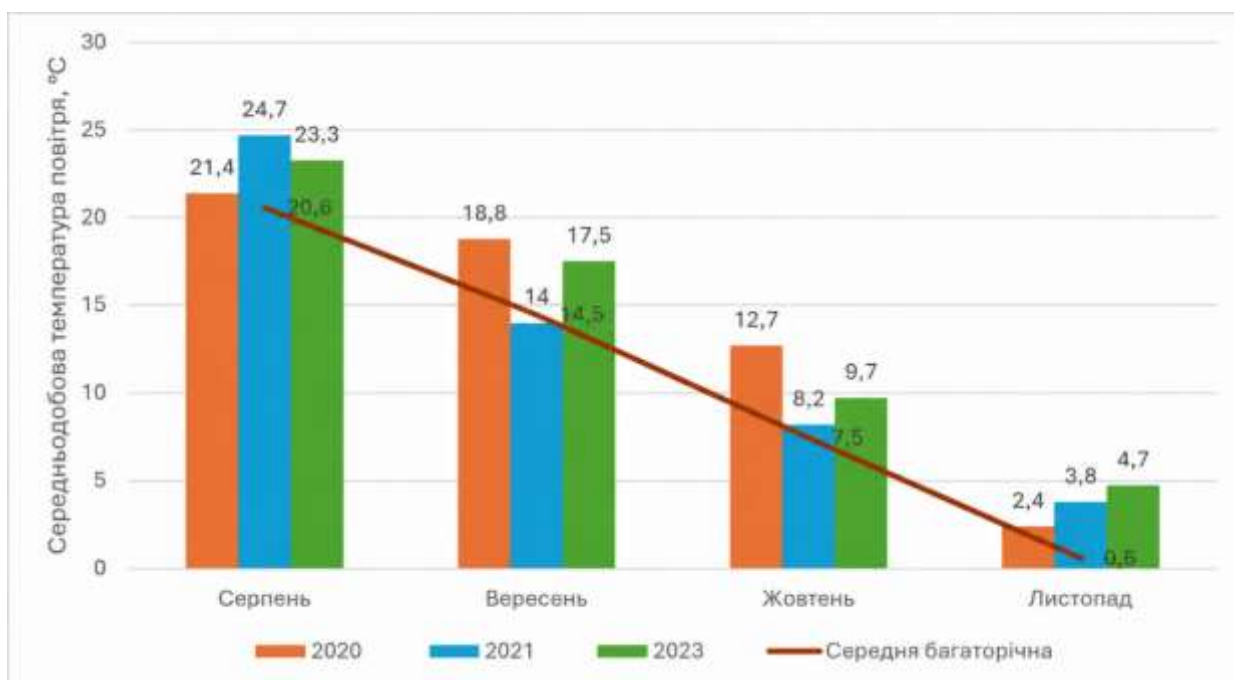


Рисунок 2.1 – Середньодобова температура повітря за посівний (осінній) період 2020 р., 2021 р., 2023 р. та середня багаторічна норма, °С.

Отже, серед місяців осінньої вегетації рослин найбільш стабільними за показником середньодобової температури повітря за роками вирощування були серпень та вересень, – у ці місяці коливання температури між мінімальним та максимальним значенням становили відповідно 16 % та 33 %. Найменш стабільним був листопад – з коливанням температури за роками 383 %. В цілому середньодобова температура повітря за посівний період (серпень–листопад) в усі досліджувані роки (2020 р., 2021 р. та 2023 р.) перевищувала середні багаторічні показники (на 17–28 %) (див. рис. 2.1).

Кількість опадів за досліджувані роки виявилася дуже контрастною у посівний період, зі значними коливаннями переважно у бік їх зменшення, за винятком жовтня та листопада 2023 р., де опадів було значно більше порівняно з багаторічними даними (рис. 2.2). Так, у серпні протягом трьох років сумарна кількість опадів була меншою за норму на 8,9–41,1 мм, або на 19–88 %. Найбільш зволожений серпень був у 2023 р. (38 мм). У вересні, який для озимих зернових

культур є найбільш визначальним місяцем за вологістю, у всіх трьох досліджуваних роках дефіцит вологи становив 15,5–42,2 мм, або 36–97 %. У жовтні 2023 р. кількість опадів перевищувала норму на 57,8 мм, або 148 %, а у 2020 р. та 2021 р. опадів було менше за середню багаторічну норму на 4,8 мм (13%) та 32,2 мм (82%). Найбільш вологим листопад був у 2020 р. та 2023 р., коли випало відповідно 47 мм та 106,5 мм, що на 4 мм та 63,5 мм, або 9 % та 148 % більше норми. У 2021 р. опадів випало на 3мм, або на 7 % менше за норму.

Отже, серед місяців осінньої вегетації рослин найбільш стабільним за показником сумарної кількості опадів за роками вирощування був вересень, – у цей місяць коливання опадів між мінімальним та максимальним значенням становило 61 %. Найменш стабільним був жовтень – з коливанням кількості опадів за роками 230 %. В цілому сумарна кількість опадів за посівний період (серпень–листопад) у двох роках (2020–2021 рр.) була меншою середніх багаторічних показників (на 45–49 %) та лише у 2023 р. кількість опадів перевищувала норму на 56 %. (див. рис. 2.2).

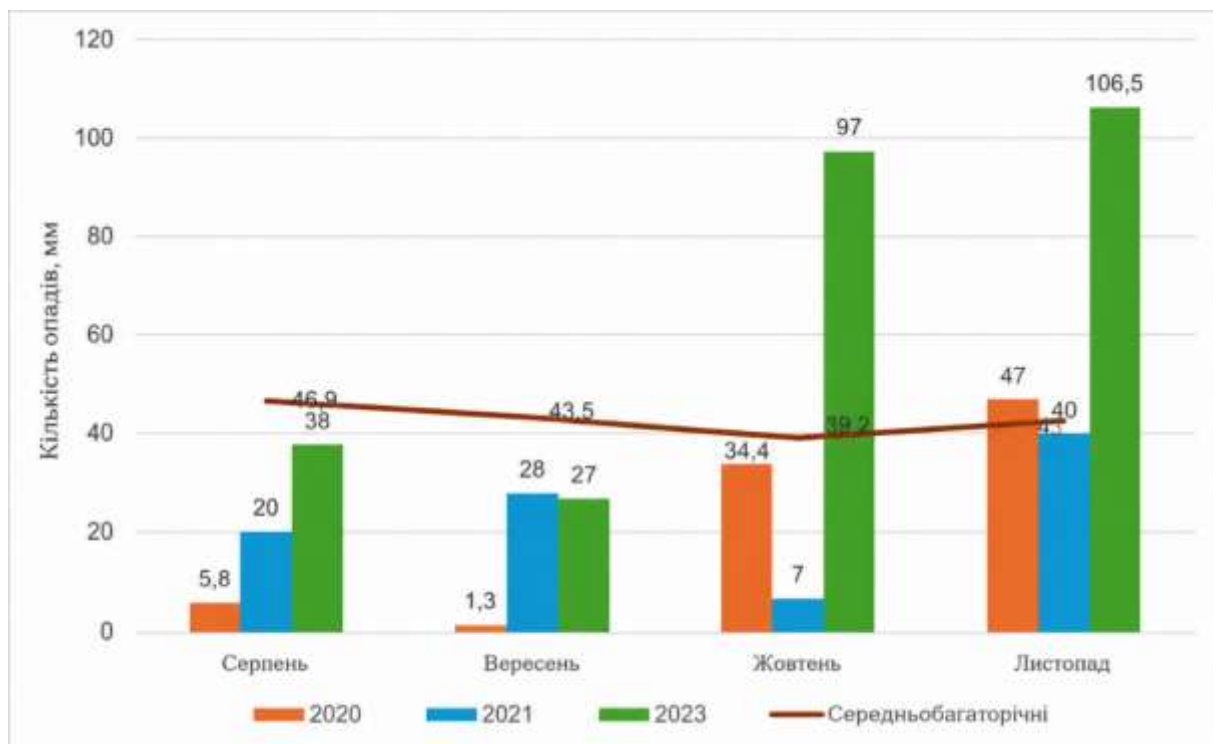


Рисунок 2.2 – Сумарна кількість опадів за посівний (осінній) період 2020 р., 2021 р., 2023 р. та середня багаторічна норма, мм

За показником ГТК в осінній період (вересень – жовтень) серед трьох досліджуваних років один рік (2020 р.) був гостро посушливими (ГТК від 0,4 до 0,5), а два (2021 р., 2023 р.) – помірно зволожені (ГТК від 1,1 до 1,9), а отже й оптимальні для осіннього росту й розвитку озимих зернових культур (рис. 2.3).

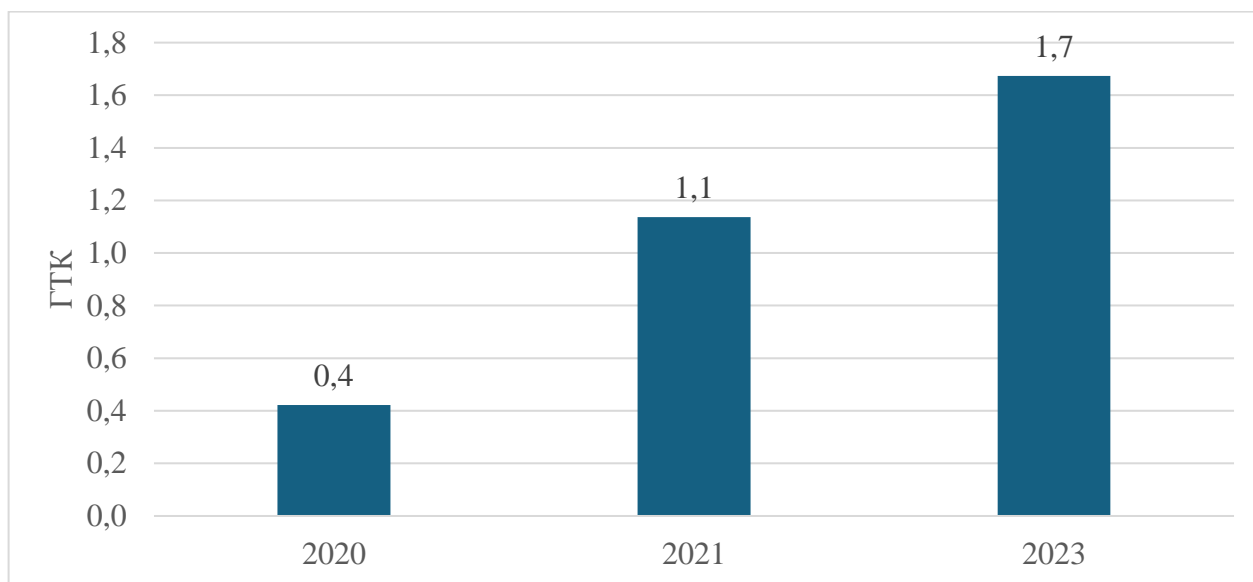


Рисунок 2.3 – Гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) в осінній період (вересень–жовтень), 2020 р., 2021 р., 2023 р.

Таким чином, протягом досліджуваного періоду (2020 р., 2021 р., 2023 р.) порівняно з середніми багаторічними показниками відбувалося стабільне за роками підвищення середньодобової температури повітря в осінній (посівний) та післяпосівний періоди й виявлено тенденцію до збільшення частоти осінніх посух, що змушує сіяти озимі зернові культури у пізніші від рекомендованих строки. Час припинення осінньої вегетації рослин за роками вирощування в основному коливався від другої (2020–2021 рр.) до третьої декади листопада (2023 р.). Істотні зміни погоди в умовах регіону восени сприяли певним корисним для сільськогосподарського виробництва тенденціям: розширенню діапазону сівби, кращому загартуванню, засвоєнню поживних речовин та в цілому росту й розвитку озимих зернових культур. Разом з тим, зміни погоди

сприяли більшому поширенню шкідливих організмів у посівах, що спонукало перегляду підходів щодо інтегрованого захисту посівів.

Істотні зміни погоди в умовах регіону восени сприяли певним корисним для сільськогосподарського виробництва тенденціям: розширенню діапазону сівби, кращому загартуванню, засвоєнню поживних речовин та в цілому росту й розвитку озимих зернових культур. Разом з тим, зміни погоди сприяли більшому поширенню шкідливих організмів у посівах, що спонукало перегляду підходів щодо інтегрованого захисту посівів.

Зимовий та ранньовесняний період (період спокою).

Протягом років досліджень (2020/2021 рр., 2021/2022 рр., 2023/2024 рр.) відбувалася тенденція до підвищення середньодобової температури повітря порівняно з середньою багаторічною нормою протягом зимового та ранньовесняного періоду. Разом з тим, різкі коливання температури як за місяцями так і за роками досліджень свідчать про підсилення континентальності клімату, а разом з тим – до збільшення ризиків під час зимівлі озимих зернових культур. Підвищення середньодобової температури повітря у цей період мало як позитивні так і негативні наслідки: наростання листової маси, під час зимових відлиг було добрим для погано розвинутих з осені рослин, але для добре розкущених посівів створювало ризики вимерзання внаслідок зменшення кількості вуглеводів в рослинах. Так, у всіх трьох роках дослідження (2020/2021 рр., 2021/2022 рр. та 2023/2024 рр.) середньодобова температура повітря у грудні значною мірою (на 11–130 %) перевищувала багаторічну норму. При цьому найтеплішим грудень був у 2023 р. з середньодобовою температурою повітря 1,1 °C за норми –3,7 °C. У 2020 р. та 2021 р. температура повітря за грудень становила відповідно –3,3 °C та –1 °C, тобто була меншою від норми відповідно на 11 % та 73 %. Січень також характеризувався підвищенням, порівняно з нормою, температури повітря за всі роки досліджень на 37–102 %. У лютому температура повітря у трьох роках перевищувала середні багаторічні показники на 17–112 % (рис. 2.4.).

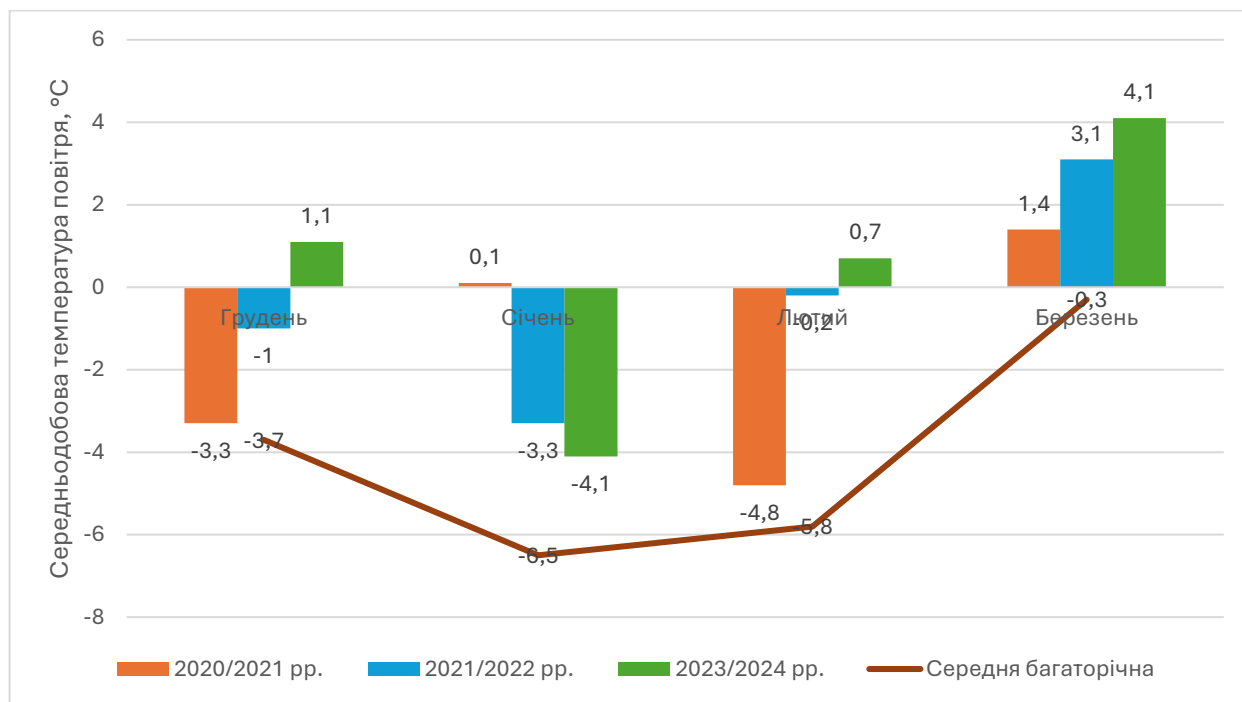


Рисунок 2.4 – Середньодобова температура повітря за зимовий та ранньовесняний період 2020/2021 рр., 2021/2022 рр., 2023/2024 рр. та середня багаторічна норма, °C.

Березень характеризувався найбільшими, порівняно з місяцями зимового спокою, відхиленнями показників температури від багаторічної норми. Так, середньодобова температура повітря березня коливалася від 1,4 °C до 4,1 °C, що вище від норми на 1,7–4,4 °C, або 567–1467 %. В цілому за зимовий та ранньовесняний період (грудень–березень) три роки (2020/2021 рр., 2021/2022 рр. та 2023/2024 рр.) характеризувалися підвищеними температурами повітря порівняно з багаторічною нормою на 2,4–4,5 °C, або 59–111 %.

Найбільш нестабільними місяцями за показниками температури в роки досліджень були грудень та лютий, у які різниця між мінімальним та максимальним значеннями була найбільшою – відповідно 4,4 °C та 5,5 °C. Найбільш стабільним був березень – коливання за роками становило 2,7 °C (див. рис. 2.4).

Кількість атмосферних опадів та температура повітря разом створюють ті чи інші передумови для перезимівлі озимих зернових культур, а також сприяють

накопиченню цінної для рослин вологи у ґрунті. Відомо, що шар снігу завтовшки 1 см підвищує температуру повітря на глибині залягання вузла кущіння на 1 °С, запобігаючи вимерзанню рослин за тривалого та істотного зниження температури повітря. У той же час тривалий сніговий покрив висотою понад 30 см спричиняє випрівання рослин, що є дуже шкідливим для посівів. Утім, найбільшої шкоди посівам озимих зернових завдають тривалі льодові кірки, які утворюються за наявності опадів та коливанні температури повітря від від'ємних до позитивних значень.

За період досліджень тривалих льодових кірок на полях не утворювалося, а за зниження температури повітря наявний сніговий покрив запобігав вимерзанню рослин. Випадіння рослин після зимового періоду за роками в цілому було незначним і коливалося в межах 1–5 %. Отже, кількість атмосферних опадів взимку істотно коливалася за роками і відповідно впливала на накопичення вологи у ґрунті. У грудні два роки поспіль (2020–2021 рр.) сумарна кількість опадів була меншою за багаторічні значення на 5,5–19,3 мм, або на 13–44 % (рис. 2.5).

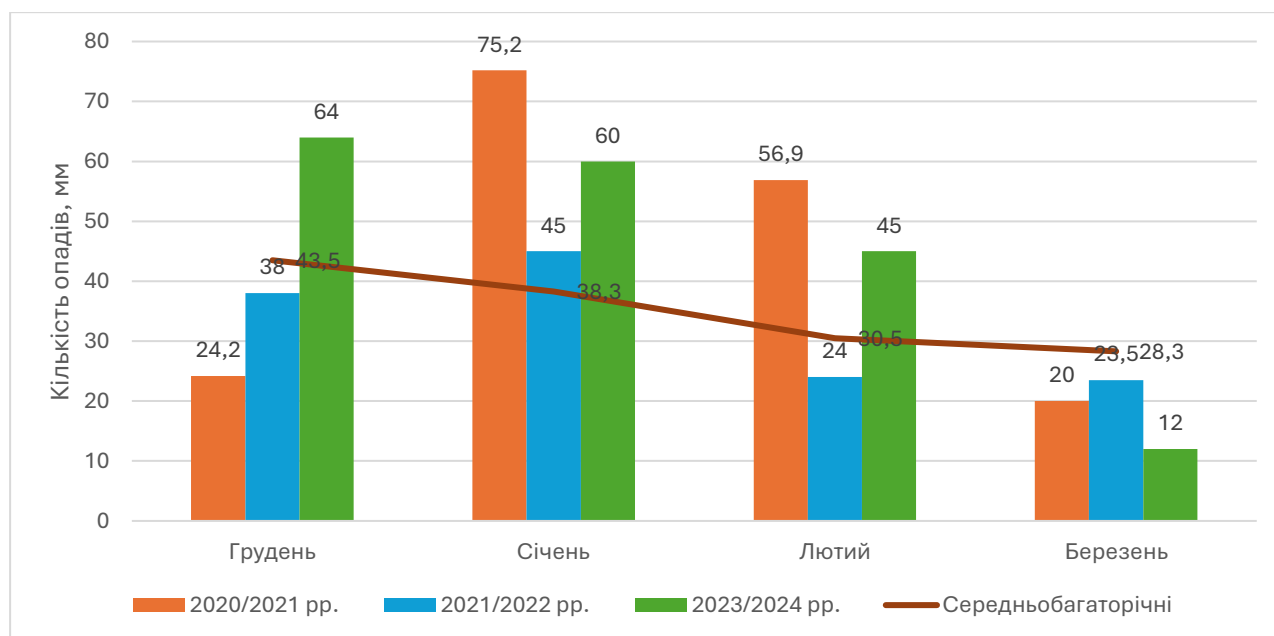


Рисунок 2.5 – Сумарна кількість опадів за зимовий та ранньовесняний період 2020/2021 рр., 2021/2022 рр., 2023/2024 рр. та середня багаторічна норма, мм

В останній рік досліджень (2023 р.) кількість опадів перевищувала норму на 20,5 мм, або 47 %. Січень характеризувався підвищеною кількістю опадів у всі роки за період спостережень (2020 р., 2021 р., 2023 р.), протягом яких їх випало на 6,7–36,9 мм, або 18–97 % більше багаторічної норми. У лютому 2021 р. та 2023 р. кількість атмосферних опадів перевищувала норму на 14,5–26,4 мм, або 48–87 %, тоді як у 2021 р. дефіцит опадів становив 6,5 мм, або 21 %. Протягом березня, який відрізнявся позитивними температурами повітря, кількість атмосферних опадів була меншою за багаторічну норму незалежно від року досліджень. Так, дефіцит опадів був від 5,3 мм до 16,3 мм, або 19–58 %. Отже, найбільш нестабільними за роками місяцями відносно кількості атмосферних опадів були грудень та лютий, коли коливання між мінімальним та максимальним значенням становили відповідно 39,8 мм та 32,9 мм. Найбільш стабільним за опадами був березень з коливанням між мінімумом та максимумом 11 мм. В цілому за зимовий (грудень–лютий) та ранньовесняний (березень) період, що характеризується періодом спокою рослин, протягом двох років (2020/2021 рр., 2023/2024 рр.) кількість атмосферних опадів перевищувала багаторічні показники за відповідний період на 8,9–10,1 мм, або 25–29 %, у 2021/2022 рр. опадів за відповідний період випало на 2,5 мм, або 7 % менше норми (див. рис. 2.5).

Таким чином, зимовий та ранньовесняний період протягом років досліджень характеризувався нестабільними погодними умовами з тенденцією підвищення середньодобових температур повітря та збільшення кількості опадів порівняно з середніми багаторічними показниками.

Весняно-літній період.

Вирішальне значення у формуванні врожайності та якості зерна озимих культур відіграють погодні умови весняно-літнього вегетаційного періоду [83]. Протягом років досліджень (2021 р., 2022 р. та 2024 р.) погодні умови весняно-літнього періоду були надзвичайно контрастними, неоднорідними та з істотними відхиленнями від середньої багаторічної норми, що чинило істотний вплив на

ріст і розвиток рослин, а у кінцевому випадку – на формування врожайності та якості зерна.

В роки досліджень відновлення весняної вегетації пшениці озимої відбувалося від третьої декади березня (2021 р., 2022 р.) до першої декади квітня (2024 р.). У 2021 р. середньодобова температура квітня була нижчою за середню багаторічну норму на 1,3 °С, або 14 %. Два інших роки (2022 р., 2024 р.) характеризувалися вищою за норму температурою повітря у квітні на 0,6–4,9 °С, або 6–51 %. У травні середньодобова температура повітря два роки поспіль (2021 р., 2022 р.) була на рівні багаторічної норми (16,1 °С), а у 2024 р. спостерігалось її підвищення на 0,9 °С, або 6%. У червні 2021 р. температура була на рівні багаторічної норми (20,2 °С), а у 2022 р. та 2024 р. відмітили тенденцію до підвищення середньодобової температури повітря відповідно на 1,4 і 2,1 °С, або 7–10 %. У липні середньодобова температура повітря протягом 2021 р. і 2024 р. перевищувала середні багаторічні показники на 3,4–4,6 °С, або 16–22 %., протягом 2022 р. середньодобова температура повітря була в межах норми і становила 21,9 °С (рис. 2.6).

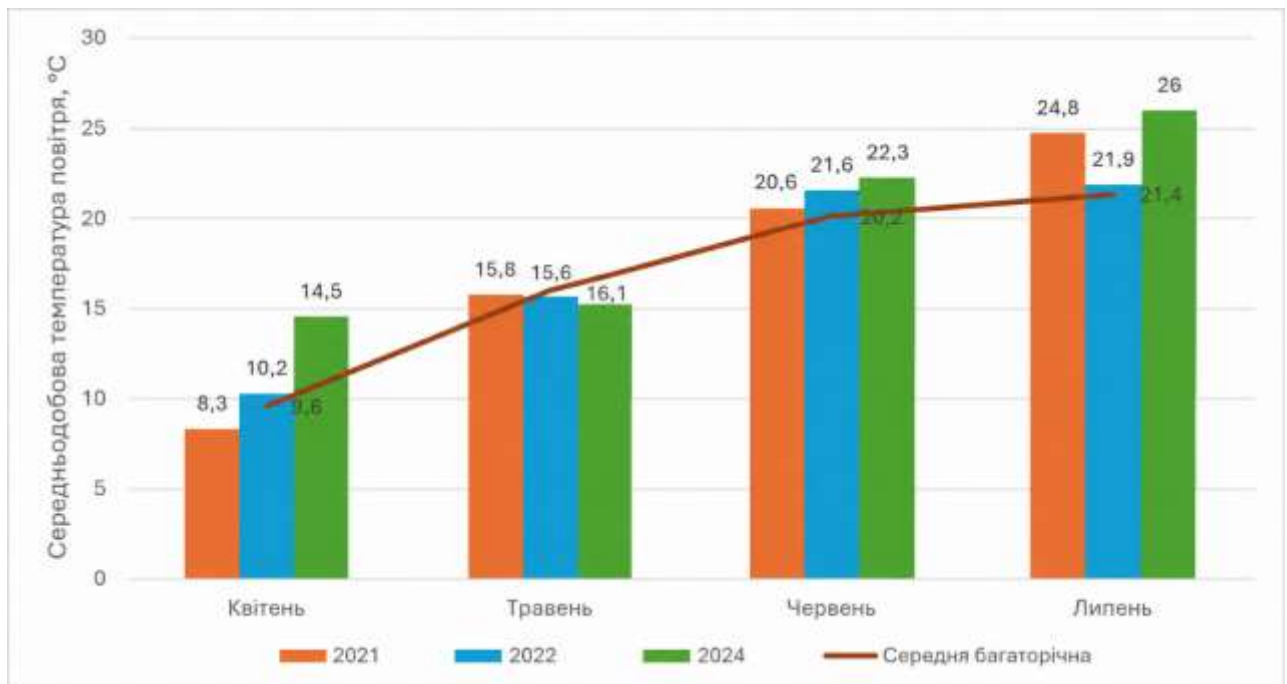


Рисунок 2.6 – Середньодобова температура повітря за весняно-літній вегетаційний період 2021 р., 2022 р., 2024 р. та середня багаторічна норма, °С

У весняно-літній вегетаційний період найменш стабільним місяцем за показником температури в роки досліджень був квітень, коли різниця між мінімальним та максимальним значеннями була найбільшою – 4,1 °C.

Найбільш стабільними місяцями були травень та червень, для яких коливання температури повітря за роками становило відповідно 0,6 °C та 1,7 °C. В цілому за весняно-літній вегетаційний період (квітень–липень) з трирічного періоду досліджень середньодобова температура повітря у двох роках (2021 р., 2022 р.) була близькою до багаторічної норми і становила 17,4 °C і 17,3 °C відповідно, а у 2024 р. температура перевищувала середню багаторічну норму на 2,7 °C або 16 % (див. рис. 2.6).

Найбільш впливовими на ріст і розвиток рослин протягом весняно-літнього періоду вегетації рослин є атмосферні опади. Коливання кількості опадів за роками вирощування було як у сторону збільшення так і у бік зменшення порівняно з середньою багаторічною нормою. У квітні протягом двох років досліджень (2021 р., 2022 р.) сумарна кількість опадів була істотно більшою – відповідно на 7,5 мм і 9,5 мм, або 21% і 27 % за середню багаторічну норму, у 2024 р. опадів протягом квітня випало на 22,5 мм, або 63% менше норми. У травні також протягом двох років (2021 р., 2022 р.) опадів випадало більше норми на 8,3 мм і 5,3 мм або 19 % і 12 % відповідно, в інший рік (2024 р.) їх було на 25,7 мм або 59 % менше норми. Червень характеризувався рясними дощами, де у 2021 р. та 2022 р. опадів було більше на 5,7 мм і 16,7 мм, або 9 % і 28 %, дефіцит вологи спостерігався протягом червня 2024 р, коли опадів було на 14,9 мм, або 23 % менше норми.

Весь досліджуваний період (2021 р., 2022 р., 2024 р.) характеризувався коливанням кількістю вологи у липні, але на рівні, або менше за багаторічну норму. Так, протягом 2021 р. та 2024 р. сумарна кількість опадів у липні була меншою за середню багаторічну норму відповідно на 64,7 мм і 52,7 мм, або 90 % і 74 %. У липні 2022 р. опадів випало 74 мм, що в цілому відповідало багаторічній нормі – 71,7 мм (рис. 2.7).

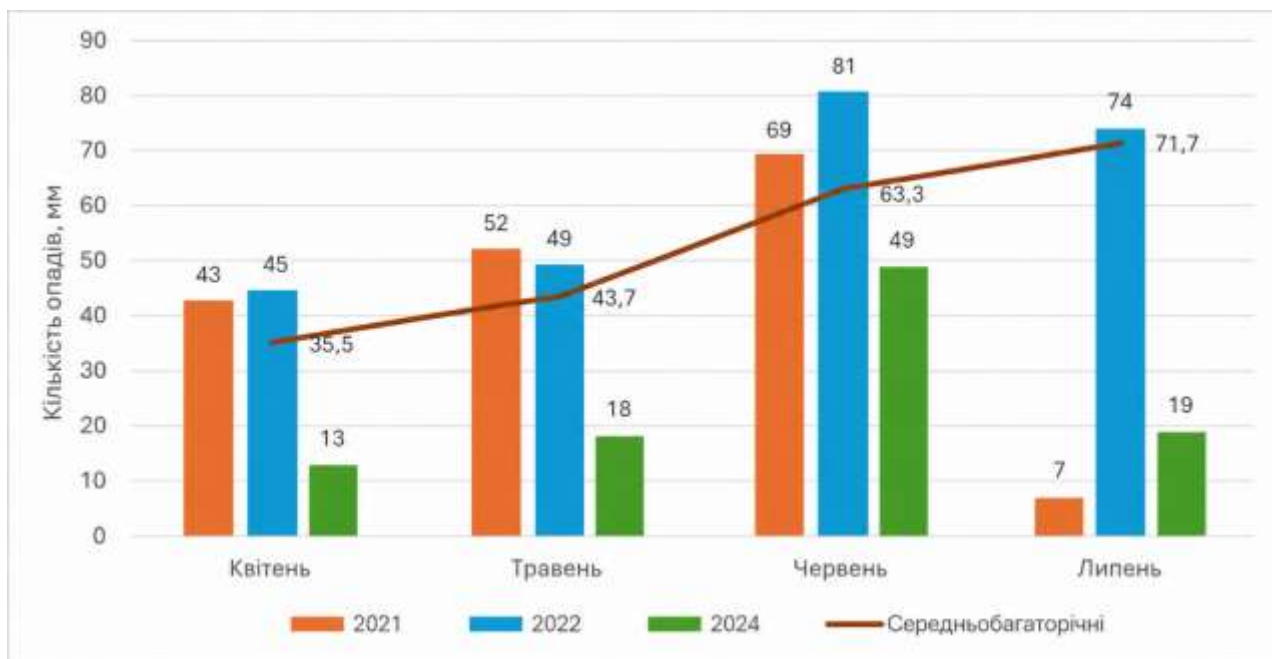


Рисунок 2.7 – Сумарна кількість опадів за весняно-літній вегетаційний період 2021 р., 2022 р., 2024 р. та середня багаторічна норма, мм

Отже, протягом весняно-літнього вегетаційного періоду найбільш стабільними за роками досліджень місяцями відносно кількості атмосферних опадів були квітень, травень та червень, де коливання між мінімальними та максимальними значеннями були найменшими і становили 32–34 мм. Найменш стабільним за опадами був червень з коливанням між мінімумом та максимумом 67 мм. В цілому за весняно-літній вегетаційний період (квітень–липень) протягом двох років досліджень (2021 р. і 2024 р.) кількість атмосферних опадів була меншою за середні багаторічні показники за відповідний період відповідно на 10,7 мм і 28,7 мм, або 20–54 %, у 2022 р. кількість опадів перевищувала норму на 8,8 мм, або 17 % (див. рис. 2.7).

Таким чином, у середньому за роки досліджень відмічено підвищення температури повітря протягом посівного, зимового та весняно-літнього періодів у середньому на 2,3–4,4 °C, при цьому найбільш суттєве її збільшення було у листопаді та березні – у середньому відповідно на 3 °C та 3,2 °C, або на 506 % та 1056 % порівняно з багаторічною нормою. За показником ГТК два весняно-літніх

вегетаційних періоди (2022 р. та 2024 р.) для озимих зернових культур визначалися як середньо та сильно посушливі (ГТК від 0,4 до 0,5 та від 0,6 до 0,7 відповідно), а один (2022 р.) – як достатньо вологий (ГТК від 1 до 1,5) (рис. 2.8).

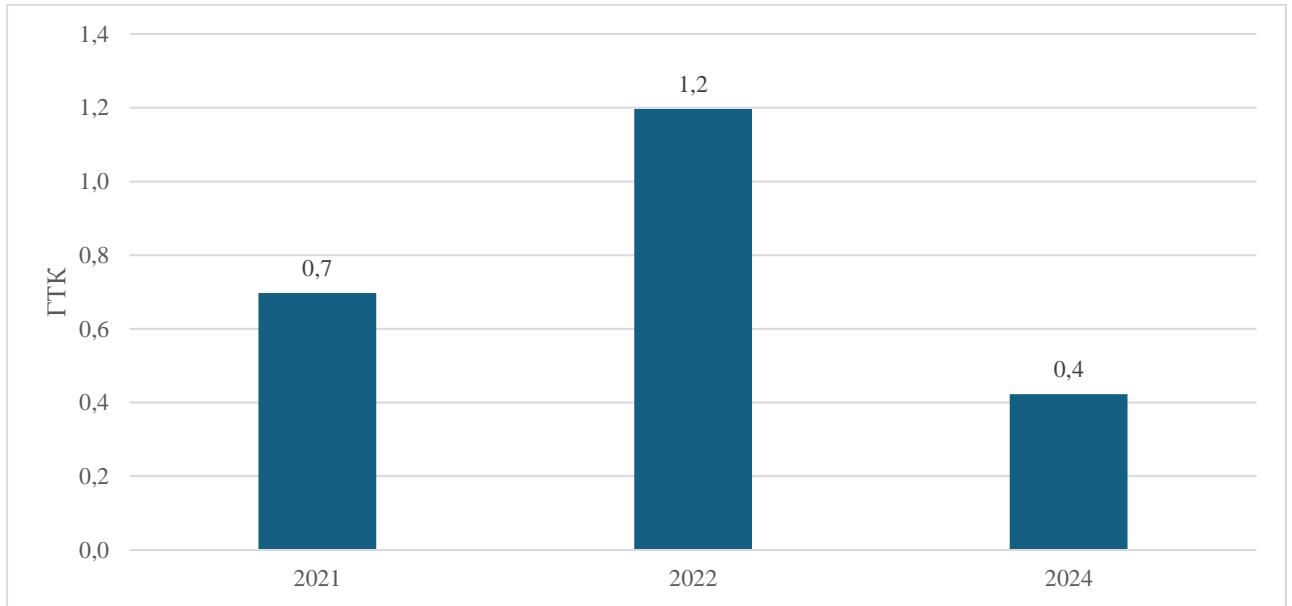


Рисунок 2.8 – Гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) у весняно-літній вегетаційний період (квітень–липень), 2021 р., 2022 р., 2024 р.

Подібна тенденція відбувалася і в цілому за вегетаційний рік (рис. 2.9).

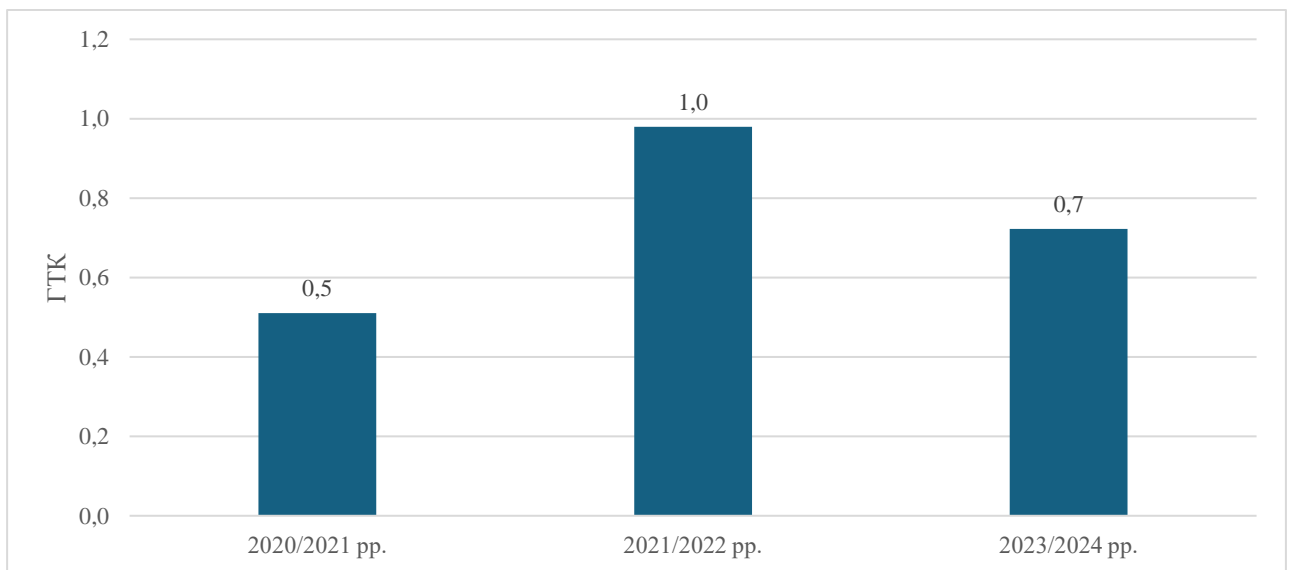


Рисунок 2.9 – Гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) у вегетаційний період озимих зернових культур, 2020/2021 pp., 2021/2022 pp., 2023/2024 pp.

Таким чином, середньодобова температура повітря та кількість опадів протягом весняно-літнього періоду були визначальними для визначення загального ГТК за вирощування озимих зернових культур.

Отже, результати аналізу погодних умов у весняно-літній вегетаційний період свідчать про нестабільність показників гідротермічного коефіцієнта в роки досліджень. Це має негативну сторону для вирощування пшениці м'якої озимої, оскільки традиційні технології вирощування необхідно адаптувати до таких змін погодних умов.

Враховуючи вищенаведене, сучасні технології повинні включати нові підходи щодо удосконалення елементів вирощування озимих зернових культур, а саме технології азотного підживлення з урахуванням особливостей різних видів добрив і біологічних особливостей культури в умовах недостатнього, нестійкого та нестабільного зволоження з метою одержання стабільних урожаїв якісного зерна.

2.3 Матеріали та схеми досліджень

Технологія вирощування пшениці озимої в польових дослідах була загальноприйнятою для зони східного Лісостепу України, за виключенням елементів, що були в програмі досліджень. Норма висіву насіння для досліджуваних сортів становила 4,5 млн./га. Захист посівів – інтегрований.

У дослідженнях з вивчення системи азотного підживлення було задіяно двадцять один сорт пшениці м'якої озимої п'яти різних оригінаторів:

Богдана. Різновид *lutescens*. Оригінатор – Інститут фізіології рослин і генетики НАН, Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН. Середньостиглий, інтенсивного типу сорт, який широко використовується в Україні. Характеризується високою врожайністю, адаптивністю до різних кліматичних умов та стійкістю до вилягання й осипання зерна.

Вигадка. Різновид *erythrospermum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Середньостиглий сорт, середньорослий, стійкий до

вилягання та з високою морозостійкістю. Характеризується толерантністю до основних шкідливих хвороб пшениці в польових умовах. Належить до цінних сортів пшениць.

Гайок. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Середньостиглий сорт, характеризується високою стійкістю до вилягання, морозостійкістю вище середнього рівня та високою стійкістю до основних хвороб. Якість зерна відповідає вимогам до сильних пшениць.

Гармоніка. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Короткостебловий сорт, характеризується високою стабільністю, стійкістю до вилягання та основних хвороб, а також підвищеною морозостійкістю. Належить до середньостиглої групи. Сорт інтенсивного типу з гарними показниками якості зерна.

Диво. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Сорт середньостиглий, середньорослий, стійкий до вилягання. Морозостійкість вище середньої, в польових умовах має високу стійкість до септоріозу, летючої сажки, бурої іржі. Якість зерна відповідає вимогам до цінних пшениць. Універсальний тип використання.

Запашна. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Стійкий до вилягання, має підвищену зимостійкість, толерантний до основних шкідливих хвороб [190].

Здобна. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Середньостиглий, середньорослий, стійкий до вилягання, осипання та посухи. Стійкий до основних хвороб пшениці. Висока морозостійкість. Сорт відноситься до цінних пшениць з інтенсивним типом вирощування.

Краса Ланів. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Ранньостиглий, короткостебловий сорт з підвищеною морозостійкістю, стійкий до вилягання. Сорт інтенсивного типу, належить до сильних пшениць.

Метелиця харківська. Різновид *erythrosperrum*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Сорт середньостиглий, середньорослий,

стійкий до вилягання. Морозостійкість висока, в польових умовах високостійкий до основних шкідливих хвороб. Якість зерна відповідає вимогам до цінних пшениць.

Привітна. Різновид *lutescens*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Сорт середньостиглий, середньорослого типу. Морозостійкість підвищена, в польових умовах стійкий до борошнистої роси, стеблової іржі, фузаріозу колосу, бурої іржі. Якість відповідає вимогам до цінних пшениць. Високоврожайний сорт. Сорт невимогливий до умов вирощування по різних попередниках за звичайною та інтенсивною технологією. Характеризується високим виходом насіння.

Принада. Різновид *lutescens*. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Середньорослий сорт, стійкий до вилягання, стійкий до основних шкідливих хвороб, морозостійкість висока. Високий генетичний потенціал урожайності. Якість зерна відповідає вимогам до сильних пшениць. Рекомендований для вирощування після непарових попередників. Формує стабільні, високі врожаї за попередниками соняшник, стерньові.

Воздвиженка. Різновид *erythrospermum*. Оригінатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Середньостиглий, зимостійкий, стійкий до вилягання і осипання зерна, стійкий до твердої сажки, фузаріозу колоса, стійкий до посухи. Сорт інтенсивного типу, високоврожайний. Хлібопекарські якості добрі.

Охтирчанка Ювілейна. Різновид *erythrospermum*. Оригінатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Середньостиглий, зимостійкий, стійкий до вилягання і осипання зерна, стійкість до твердої сажки висока, посухостійкий. Сорт толерантний до борошнистої роси, фузаріозу колоса, корневих гнилей, має високу стійкість до посухи. Сорт високоінтенсивного типу, високоврожайний з доброю хлібопекарською якістю зерна.

Світанкова. Різновид *lutescens*. Оригінатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Середньостиглий, зимостійкий сорт, стійкий до вилягання і осипання зерна, стійкий до твердої сажки, корневих

гнилей. Сорт інтенсивного типу, високоврожайний з гарними хлібопекарськими показниками.

Соловушка. Різновид *lutescens*. Оригінатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Середньостиглий, зимостійкий сорт, стійкий до вилягання і осипання зерна, стійкий проти бурої іржі та борошнистої роси, посухостійкий. Інтенсивного типу, високоврожайний з відмінною хлібопекарською якістю.

Сприятлива. Різновид *lutescens*. Оригінатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Середньостиглий, зимостійкий сорт, стійкий до вилягання і осипання зерна, стійкий до бурої іржі та твердої сажки, посухостійкий. Сорт високоінтенсивного типу, високоврожайний, хлібопекарські якості добрі.

Диво Донецьке. Різновид *erythrospermum*. Оригінатор – Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН. Сорт пшениці є середньостиглим та середньорослим, рекомендованим для вирощування в Лісостепу, Поліссі та Степу України. Він характеризується високою морозостійкістю та стійкістю до септоріозу. Сорт має зерновий напрямок, відноситься до цінних пшениць.

Ігриста. Різновид – *erythrospermum*. Оригінатор – Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України. Сорт середньостиглий. Характеризується стабільною врожайністю в умовах Степу та Лісостепу, підвищеною адаптивністю до контрастних погодних умов вегетаційного періоду та добрим рівнем екологічної пластичності. У польових умовах проявляє достатню стійкість до основних хвороб пшениці, що сприяє стабільності формування врожаю. За показниками якості зерна відноситься до групи цінних пшениць.

Перемога. Різновид – *erythrospermum*. Оригінатор – Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України. Відноситься до цінних пшениць. Сорт характеризується доброю зимостійкістю та посухостійкістю, що забезпечує стабільне формування врожаю навіть за дефіциту вологи та несприятливих погодних умов. Зерно сорту має добрі технологічні та

хлібопекарські властивості, що дозволяє використовувати його для отримання високоякісної продовольчої продукції.

Юзовська. Різновид – *erythrospermum*. Оригінатор – Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН. Відноситься до цінних пшениць та характеризується гарними хлібопекарськими властивостями.

Jersey. Різновид *lutescens*. Оригінатор – KWS. Високоврожайний сорт інтенсивного типу, відноситься до цінних пшениць. Стійкий до основних хвороб, сорт має середню зимостійкість, високу посухостійкість. Стійкий до вилягання.

Всього було закладено чотири досліди:

Дослід 1. Вивчення ефективності доз та строків внесення аміачної селітри після різних попередників.

Період проведення: 2020/2021 рр., 2021/2022 рр. та 2023/2024 рр. Місце проведення: стаціонарна паро-зерно-просапна сівозміна. Об'єкт досліджень: пшениця озима сорту Здобна. Вивчали чотири дози підживлення аміачною селітрою: N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120} після трьох попередників – чорного пару, гороху та сояшника. Порівняння результатів проводили з контролем без удобрення. Строк підживлення: осінь, весна, осінь+весна (половину дози добрив вносили восени, а іншу половину – весною). Спосіб підживлення: врозкид. Строк сівби – після попередників горох та чорний пар у другій-третій декадах вересня, після сояшнику – другій-третій декадах жовтня.

Дослід 2. Вивчення ефективності доз, строків та способів внесення різних видів азотних добрив після попередника сояшник.

Період проведення: 2020/2021 рр., 2021/2022 рр. та 2023/2024 рр. Місце проведення: короткоротаційна зерно-просапна сівозміна. Об'єкти досліджень: пшениця озима сорту Здобна. Попередник – сояшник. Досліджували три види добрив: аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію. Для кожного виду добрива вивчали чотири дози підживлення: N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120} . Строк підживлення: осінь, весна, осінь+весна (половину дози добрив вносили восени, а іншу половину – весною). Порівняння результатів проводили з контролем без удобрення. Спосіб підживлення: врозкид та сівалкою в рядок. Строк сівби: друга-третья декада жовтня.

Дослід 3. Вивчення ефективності доз аміачної селітри у різні періоди росту й розвитку рослин у довесняний період після попередника соняшник.

Період проведення: 2020/2021 рр., 2021/2022 рр. та 2023/2024 рр. Місце проведення: короткоротаційна зерно-просапна сівозміна. Об'єкти досліджень: пшениця озима сорту Здобна. Вивчали чотири дози підживлення аміачною селітрою: N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120} після попередника соняшник. Порівняння результатів проводили з контролем без удобрення. Підживлення проводили у чотири строки залежно від фази росту й розвитку рослин: під час сівби, у фазу проростків, у фазу 2-3 листка, по мерзлоталому ґрунту. Спосіб підживлення: врозкид. Строк сівби: друга–третя декада жовтня.

Дослід 4. Сортова реакція пшениці озимої на осіннє азотне підживлення після попередника чорний пар.

Період проведення: 2020/2021 рр. та 2021/2022 рр. Місце проведення: короткоротаційна зерно-просапна сівозміна. Об'єкти досліджень: пшениця озима сортів: Богдана, Вигадка, Гайок, Гармоніка, Диво, Запашна, Здобна, Краса Ланів, Метелиця харківська, Привітна, Принада, Воздвиженка, Охтирчанка Ювілейна, Світанкова, Соловушка, Сприятлива, Диво Донецьке, Jersey. Попередник – чорний пар. Варіанти удобрення (підживлення): без добрив (контроль); аміачна селітра (N_{30}). Строк підживлення: осінь. Спосіб підживлення: врозкид. Строк сівби: друга-третя декада вересня.

2.4. Методика досліджень

У дослідях проводили такі обліки, спостереження та аналізи:

1. Фенологічні спостереження: дати настання сходів, кушіння, припинення осінньої вегетації, відновлення весняної вегетації, виходу в трубку, колосіння, цвітіння, дозрівання та визначення біометричних параметрів рослин визначали за методикою В. С. Підопригори та П. В. Писаренко [152];

2. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Г. Т. Селянинова розраховували за формулою:

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum T} \times 10, \text{ де}$$

$\sum P$ – сума опадів за період з температурою понад 10 °С;

$\sum T$ – сума температур понад 10 °С за відповідний період [153];

3. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом перед сівбою, у фазах кущіння, прапорцевого листа та колосіння-цвітіння [154];

4. У фазах кущіння, прапорцевого листа, колосіння, та повної стиглості досліджували динаміку накопичення надземної зеленої маси [155];

6. Обліки густоти рослин, їх виживання впродовж періоду вегетації проводили на закріплених ділянках площею 0,25 м², розміщених на двох несуміжних повтореннях [156–157];

7. Морфофізіологічні дослідження з визначення потенціальної врожайності озимих зернових культур проводили у фазах кущіння, виходу в трубку та колосінні [155];

9. Структурний аналіз урожайності озимих зернових культур проводили згідно методики Державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Для цього за 2-3 дні до збирання зернових культур відбирали сноповий матеріал з площі 0,25 м² у трьох повтореннях. У фази кущіння, виходу в трубку та колосіння проводили біометричні дослідження. Для цих досліджень відбирали рослини з площі 0,25 м² у триразовій повторності [158];

10. Визначення показників якості зерна: натурі – за ДСТУ ISO 7971-3:2019 [159], маси 1000 зерен – за ДСТУ ISO 20483:2016 [160], склоподібності – за ДСТУ ISO 11221:2017 [161], числа падання – за ДСТУ ISO 3093:2019 [162], визначення класності пшениці – за ДСТУ 3768:2019 [163], вміст білка – за ДСТУ ISO 20483:2013 [164], та клейковини в зерні – за ДСТУ ISO 21415-2:2017 [165];

12. Облік врожаю здійснювали шляхом обмолоту рослин у повній стиглості зерна. Урожайність з ділянки приводили до стандартної вологості, 100 %-ої чистоти та розраховували у тоннах на гектар [155];

13. Статистичну обробку експериментальних даних досліджень проводили кореляційним та дисперсійним методами та за допомогою пакету комп'ютерних програм Microsoft Office Excel, «Statistic» [156];

14. Економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування культури проводили за методикою В. П. Мартянова [166].

Висновки до розділу 2

1. Протягом періоду проведення досліджень 2020/2021 рр., 2021/2022 рр. та 2023/2024 рр. погодні умови були мінливими та різноманітними з істотним відхиленням показників від середніх багаторічних, що дало змогу більш повно та об'єктивно оцінити диференціацію агротехнічних прийомів вирощування озимих зернових культур.

2. Програмою досліджень передбачено достатню кількість обліків, спостережень і аналізів, які дозволяють всебічно і глибоко розкрити суть дії факторів, які досліджуються.

3. Схема дослідів та методика їх проведення є логічними, витриманими згідно належних вимог, відповідають робочим гіпотезам.

4. У досліді використані сорти пшениці озимої різних установ-оригінацій, які занесені до Державного реєстру сортів рослин і рекомендовані для вирощування в Україні та відрізняються між собою за морфологічними ознаками, біологічними особливостями, толерантністю до умов вирощування, що дало змогу об'єктивно оцінити адаптивний потенціал сортів.

5. Досконала та послідовна методика в період проведення дослідів створили передумови для якісного теоретичного обґрунтування наукових підходів при вирощуванні озимих зернових культур та аналізу отриманих результатів досліджень.

6. Статистичний аналіз, який було використано для обробки експериментальних даних, дозволив дати достовірну оцінку отриманих результатів та зробити обґрунтовані висновки.

РОЗДІЛ 3

РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

3.1. Вологість ґрунту після різних попередників за фенологічними фазами пшениці озимої

Результатами досліджень 2020 р., 2021 р., 2023 р. встановлено, що накопичення вологи у ґрунтових горизонтах значною мірою обумовлювалося попередниками. В осінній посівний період вирішальну роль в одержанні сходів пшениці озимої відігравав вміст продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту. У середньому за роки досліджень найбільша кількість вологи у посівному шарі ґрунту (0–10 см) містилася після попередника горох (18,3 %), а найменше вологи містилося після соняшнику (14,8 %). Середнє положення за цим показником посідав чорний пар (16,1 %) (рис. 3.1). Високий вміст вологи після гороху пояснюється раннім його збиранням та малою кількістю пожнивних решток, завдяки чому вдається вчасно провести комплекс заходів зі збереження вологи у ґрунті. Низький вміст вологи після соняшнику пояснюється тим, що дана культура під час вегетації споживає велику кількість вологи та висушує ґрунт, що має вирішальний вплив на формування врожайності, особливо у зонах нестійкого та недостатнього зволоження.

Накопичення вологи у 20-сантиметровому шарі ґрунту після досліджуваних попередників відбувалося за тенденцією подібною до параметрів посівного шару, при цьому показники вологості були на тому самому рівні, як і у посівному шарі ґрунту (0–10 см).

У підорному 30-сантиметровому ґрунтовому горизонті найбільша вологість була після соняшнику та гороху (16,7–17%), а найменша після чорного пару (15,0%). На глибині 40 см вологість ґрунту після чорного пару та соняшнику була майже на одному рівні (16,3–16,4%), після гороху вологість значно знизилася (14,5%). Вологість ґрунту на глибині 50 сантиметрів після гороху була

найвищою (19,5%), а після чорного пару та соняшнику – найменшою (15,7–16,1%). Загалом після чорного пару найбільша вологість зафіксована на глибині 60–80 см (18,0–18,5%), подальше заглиблення до 90–100 см не спричинило значного зменшення зволоженості шарів ґрунту (17,4–17,9%). Найбільш зволожений горизонт ґрунту після попередника горох зафіксовано на глибині 50–70 см (19,3–19,5%), з подальшим збільшенням глибини до 80–100 см вологість зменшувалась, але не суттєво (18,2–18,6%). Після попередника соняшник найвища зволоженість ґрунту була на глибині 30 см (16,7%), а починаючи з горизонту 40–60 см вологість зменшувалась поступово з 16,3% до 15,2%, а з 70 см кожні наступні 10 см углиб відбувалося поступове зниження вмісту продуктивної води на 1–3%.

Отже, у середньому за роки досліджень найбільші запаси продуктивної води у метровому шарі ґрунту в осінній посівний період були після гороху (в середньому за горизонтами 18,2 %), а після соняшнику та чорного пару вони становили 15,1% і 17% відповідно (див. рис. 3.1).

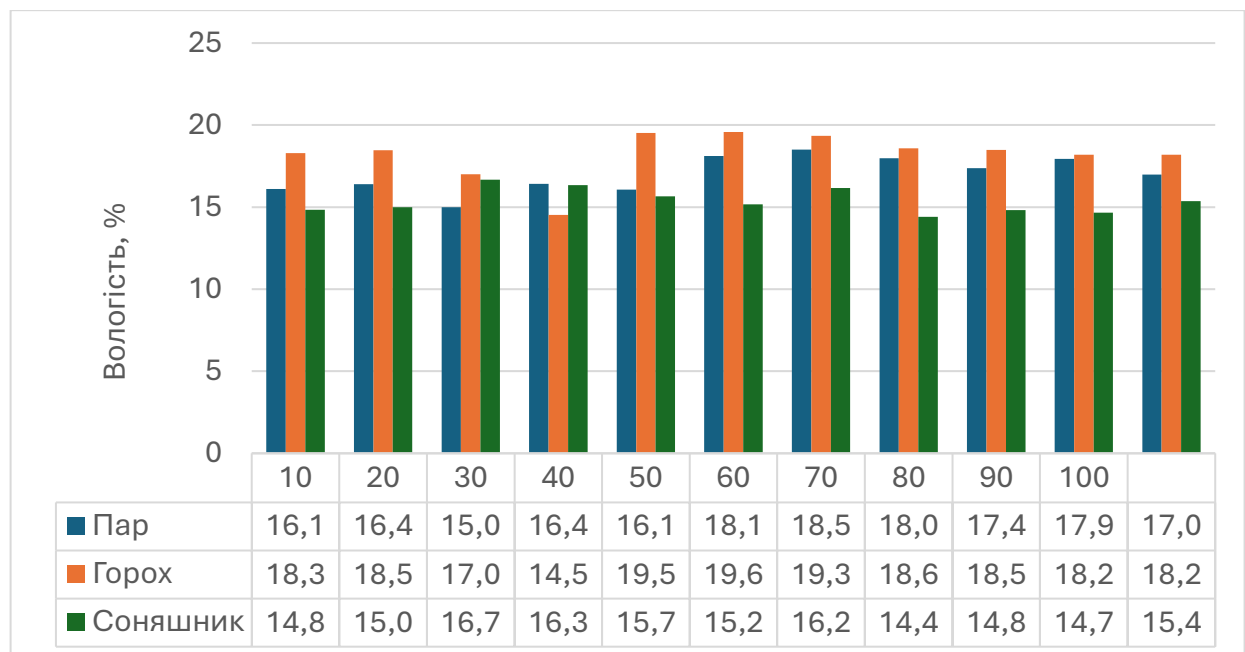


Рисунок 3.1. Вологість шарів ґрунту на час сівби пшениці озимої залежно від попередника, %, середнє за 2020, 2021, 2023 рр.

У період колосіння – початку цвітіння вологість ґрунту після досліджуваних попередників пшениці озимої істотно відрізнялася від показників посівного періоду, зокрема відбулося зниження вмісту вологи у середньому на 11 %. При цьому середні показники були майже на одному рівні після усіх досліджуваних попередників (14,9–15,1%). В основній ризосферній зоні (0–30 см) пшениці озимої кількість вологи після попередників чорний пар, горох та соняшник була майже на одному рівні – 14,9–15,2 %. На глибині 40 см після попередника чорний пар та горох вологість ґрунту також була на одному рівні – 14,6 %, а після соняшника на цій глибині зафіксована найбільша вологість – 15,6 %. На глибині 50–70 см найвищий вміст вологи був після чорного пару (14,7–15,5 %), середній – після соняшника (14,7–15,3 %) та найменший – після гороху (14,7–14,8 %). У горизонті 90–100 см після гороху була максимальна вологість ґрунту для цього попередника – 15,3–15,4 %, тоді як після попередників чорний пар та соняшник вона була меншою і становила відповідно 14,9–15,0 % і 14,5–14,7 % (рис. 3.2).

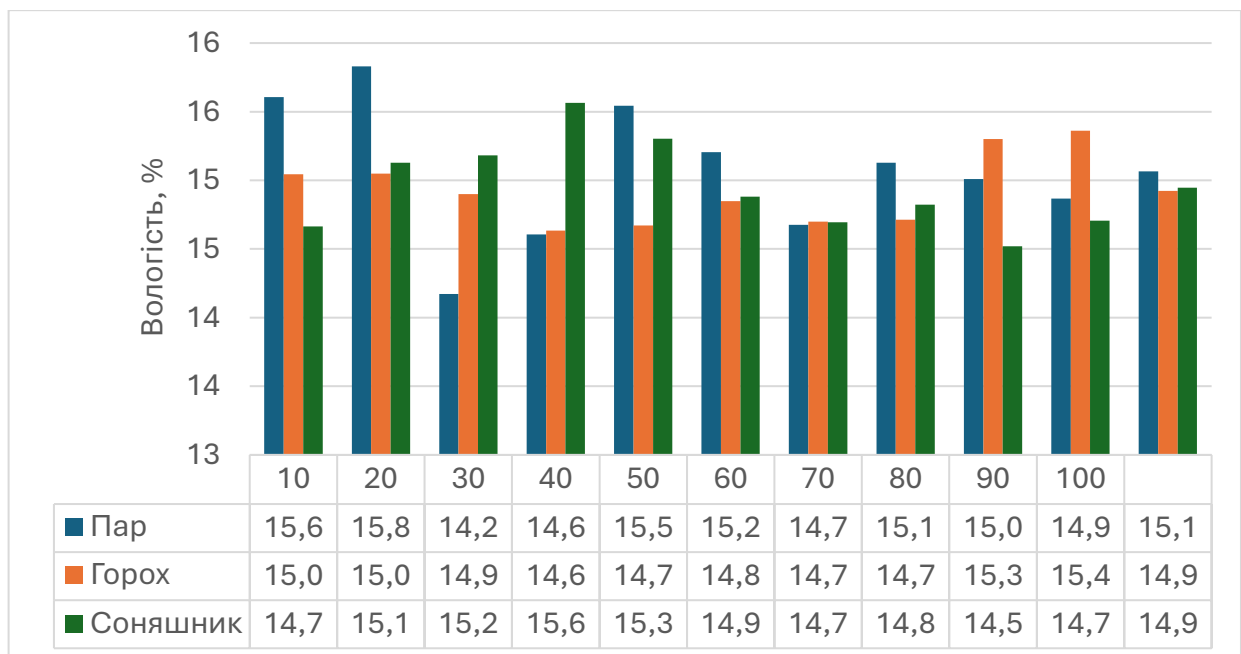


Рисунок 3.2. Вологість шарів ґрунту в посівах пшениці озимої у період колосіння – початку цвітіння залежно від попередника, %, середнє за 2020, 2021, 2023 рр.

Таким чином, традиційні попередники озимих зернових культур – чорний пар та горох мали найбільшу значимість лише у посівний період, коли достатні запаси продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту були вирішальними для одержання вчасних та якісних сходів.

Разом з тим, у більш пізні періоди вегетації рослин, а саме у фазі колосіння – початку цвітіння запаси продуктивної вологи після чорного пару та гороху істотно знижувалися, але ще більше їх зменшення відмічено після соняшнику, що стало вирішальним для формування продуктивності пшениці озимої після цих попередників.

3.2. Формування висоти рослин пшениці м'якої озимої за різних видів добрив, попередників, строків підживлення та фенологічних фаз

Висота рослин є одним із ключових морфологічних показників пшениці м'якої озимої, який визначає адаптивність сорту до умов вирощування, ефективність використання елементів живлення та рівень реалізації продуктивного потенціалу. Формування цього показника значною мірою залежить від генотипу сорту, погодних умов, попередника та системи удобрення [167].

Високорослі форми пшениці характеризуються інтенсивним наростанням вегетативної маси, мають підвищену конкурентну здатність у порівнянні із бур'янами та володіють кращим накопиченням органічної речовини. Разом із тим, збільшення висоти рослин часто супроводжується підвищенням ризику вилягання посівів, особливо за високих норм азотного живлення, що може призводити до зниження врожайності та погіршення якості зерна [167–168].

Низькорослі та напівкарликові сорти пшениці озимої характеризуються вищою стійкістю до вилягання, кращою чутливістю на інтенсивні технології вирощування та більш ефективним використанням мінерального живлення. За оптимальних умов вони здатні формувати високий рівень урожайності та забезпечувати стабільність агроценозу [167].

Разом із тим, надмірне зменшення висоти рослин може негативно впливати на розвиток асиміляційної поверхні, конкурентну здатність посівів та адаптивність рослин до стресових умов вирощування. Тому в сучасному рослинництві оптимальна висота рослин розглядається як важлива селекційна та агротехнологічна ознака, що забезпечує поєднання високої продуктивності та стійкості посівів [167–169].

Протягом 2020–2024 рр. було проведено дослідження впливу різних видів та доз азотних добрив, а також строку підживлення на висоту рослин пшениці, яку визначали у фазах кущення, прапорцевого листка, колосіння та повної стиглості. Підживлення проводили у три строки: осінньому, весняному та осінньо-весняному, де доза азоту була поділена навпіл для дворазового внесення.

Встановлено, що на контрольному варіанті висота рослин пшениці була найнижчою незалежно від фази розвитку та строку обліку.

Строк підживлення істотно впливав на висоту рослин у фазах активного росту. Так, у фазі прапорцевого листка середня висота рослин за осіннього підживлення становила 47,2 см, що було вище, ніж за весняного (43,1 см), з різницею у 4,1 см. За поєднання осіннього і весняного підживлення отримали проміжне значення – 45,3 см, що істотно не відрізнялося від осіннього та весняного строку. У фазі повної стиглості різниця за висотою рослин між строками підживлення незалежно від виду добрива була статистично неістотною (71,9–74,4 см), що свідчить про нівелювання впливу строку підживлення наприкінці вегетації.

Встановлено, що вид азотного добрива мав більш суттєвий вплив на висоту рослин, ніж строк і норма. У фазі повної стиглості при осінньому підживленні середня висота рослин становила 76,4 см за внесення карбаміду та 75,8 см за внесення селітри, що істотно перевищувало показник після внесення сульфату амонію (71,0 см). Між селітрою та карбамідом для формування висоти рослини істотної різниці не встановлено (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Формування висоти рослин залежно від виду добрива, дози та строку азотного підживлення, см, 2021– 2024 рр.

Вид добрива (А)	Доза (В)	Кущення	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість
		Строк підживлення (С)									
		осінь				весна			осінь + весна		
Контроль		13,2	42,1	66,9	70,1	44,9	67,2	70,1	42,4	68,5	70,1
Аміачна селітра	N ₃₀	14,7	46,5	72,4	75,4	46,3	72,8	71,4	47,7	78,1	70,9
	N ₆₀	12,8	48,6	73,3	78,2	43,8	70,0	72,8	44,4	73,3	69,9
	N ₉₀	15,2	49,0	76,0	73,9	41,1	71,3	73,7	45,1	76,8	77,9
	середнє	14,2	48,0	73,9	75,8	43,7	71,4	72,6	45,7	76,1	72,9
Карбамід	N ₃₀	13,2	46,3	75,9	77,0	44,6	68,0	71,3	44,6	73,0	73,0
	N ₆₀	14,0	47,1	75,7	77,9	42,6	69,4	71,1	44,7	73,1	74,2
	N ₉₀	15,3	47,4	78,3	74,1	44,9	74,1	70,9	44,1	75,5	74,1
	середнє	14,1	46,9	76,6	76,4	44,0	70,5	71,1	44,4	73,9	73,7
Сульфат амонію	N ₃₀	13,2	45,1	71,3	70,9	38,8	65,5	69,5	43,3	70,2	69,9
	N ₆₀	12,8	45,1	75,4	70,1	43,1	64,5	67,5	45,6	73,2	73,3
	N ₉₀	12,7	50,0	77,6	72,1	42,9	67,5	71,1	48,8	71,4	70,0
	середнє	12,9	46,7	74,8	71,0	41,6	65,8	69,4	45,9	71,6	71,0
Середнє	N ₃₀	13,7	46,0	73,2	74,4	43,2	68,8	70,7	45,2	73,8	71,2
	N ₆₀	13,2	46,9	74,8	75,4	43,2	68,0	70,5	44,9	73,2	72,4
	N ₉₀	14,4	48,8	77,3	73,4	43,0	71,0	71,9	46,0	74,6	74,0
	середнє	13,7	47,2	75,1	74,4	43,1	69,2	71,0	45,3	73,8	72,5
НІР _{0,5}	А	0,66	2,10	3,41	3,52	2,20	3,51	3,59	2,01	3,41	3,46
	В	0,71	2,16	3,44	3,61	2,23	3,53	3,62	2,10	3,48	3,50
	С	0,75	2,21	3,46	3,71	2,26	3,54	3,63	2,12	3,51	3,53
	АВ	1,35	4,22	6,81	7,06	4,41	7,03	7,21	3,97	6,79	6,92
	АС	1,43	4,33	6,86	7,23	4,45	7,04	7,21	4,16	6,91	6,99
	ВС	1,45	4,37	6,91	7,33	4,51	7,07	7,24	4,21	6,99	7,04
	АВС	2,13	6,49	10,3	10,8	6,58	10,5	10,8	6,19	10,4	10,4

Збільшення дози азоту від N_{30} до N_{90} в середньому по добривах супроводжувалося певним підвищенням висоти рослин, однак у фазі повної стиглості різниця між цими нормами (73,4–75,4 см) була не істотною. Найвищі значення в середньому формувалися за дози N_{60} , що свідчить про її оптимальність для формування максимального розміру довжини рослин.

Найбільшу висоту рослин – 78,2 см зафіксовано за застосування селітри у нормі N_{60} за осіннього підживлення, що на 8,1 см перевищувало контроль і було істотним. У той же час у межах одного строку підживлення різниця між нормами N_{60} і N_{90} у більшості випадків була в межах НІР, що свідчить про відсутність необхідності подальшого підвищення дози азоту з точки зору формування висоти рослин. Таким чином, формування висоти рослин пшениці визначалося комплексною дією строку підживлення, виду добрива та дози азоту, однак провідну роль відігравав вид добрива, тоді як вплив строку і дози мав переважно модифікуючий характер. Найбільш стабільно високі та статистично істотні показники висоти рослин забезпечували селітра і карбамід за дози N_{60} – N_{90} незалежно від строку підживлення, з певною перевагою осіннього та комбінованого строків у фазах інтенсивного росту (див. табл. 3.1).

Протягом років дослідження (2020–2024 рр.) вивчали вплив попередника, строку та дози азоту при підживленні аміачною селітрою на формування висоти рослин пшениці м'якої озимої. Вимірювання проводили у фазі кущення, прапорцевого листка, колосіння та повної стиглості.

Встановлено, що попередник істотно впливав на формування висоти рослин у всі фенологічні фази при вимірюванні даного показника незалежно від строку і дози підживлення. Найменші показники висоти формувалися після соняшнику, де у фазу повної стиглості середні значення становили 75,8 см за осіннього строку, 72,6 см – за весняного та 72,9 см – за осінньо-весняного строку.

Після чорного пару висота рослин була вищою, – у фазу повної стиглості вона досягала відповідно 79,2; 78,7 та 75,3 см, що перевищувало показники після соняшнику на 2,4–3,4 см (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Формування висоти рослин залежно від попередника, дози та строку
азотного підживлення аміачною селітрою, см, 2021 – 2024 рр.**

Попередник (А)	Доза (В)	Кущення	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість
		Строк підживлення (С)									
		осінь				весна				осінь + весна	
Соняшник	контроль	13,2	42,1	66,9	70,1	44,9	67,2	70,1	42,4	68,5	70,1
	N ₃₀	14,7	46,5	72,4	75,4	46,3	72,8	71,4	47,7	78,1	70,9
	N ₆₀	12,8	48,6	73,3	78,2	43,8	70,0	72,8	44,4	73,3	69,9
	N ₉₀	15,2	49,0	76,0	73,9	41,1	71,3	73,7	45,1	76,8	77,9
	середнє	14,2	48,0	73,9	75,8	43,7	71,4	72,6	45,7	76,1	72,9
Чорний пар	контроль	15,3	48,9	76,2	75,3	48,9	76,2	75,3	48,9	76,2	75,3
	N ₃₀	15,2	51,5	76,6	79,4	51,2	80,4	80,2	53,4	78,7	79,0
	N ₆₀	14,9	56,2	77,0	78,8	50,1	77,7	79,8	54,1	78,9	73,6
	N ₉₀	15,3	52,4	78,3	79,4	52,2	78,2	76,1	52,8	78,7	73,4
	середнє	15,1	53,3	77,3	79,2	51,1	78,7	78,7	53,4	78,7	75,3
Горох	контроль	13,6	44,0	72,4	75,8	44,0	72,4	75,8	44,0	72,4	75,8
	N ₃₀	14,9	50,2	80,1	81,1	53,0	79,6	75,1	55,3	85,3	82,5
	N ₆₀	14,2	51,7	78,3	80,9	49,9	80,3	77,1	53,1	80,6	78,5
	N ₉₀	15,3	53,5	83,4	77,2	52,6	80,1	77,3	55,4	80,2	76,5
	середнє	14,8	51,8	80,6	79,7	51,8	80,0	76,5	54,6	82,0	79,1
Середнє	контроль	14,0	45,0	71,8	73,7	45,9	71,9	73,7	45,1	72,3	73,7
	N ₃₀	14,9	49,4	76,4	78,6	50,2	77,6	75,5	52,1	80,7	77,4
	N ₆₀	14,0	52,1	76,2	79,3	47,9	76,0	76,6	50,5	77,6	74,0
	N ₉₀	15,2	51,6	79,2	76,8	48,6	76,5	75,7	51,1	78,5	75,9
	середнє	14,7	51,0	77,2	78,2	48,9	76,7	75,9	51,2	78,9	75,8
НІР _{0,5}	А	0,65	2,11	3,40	3,52	2,22	3,52	3,61	2,01	3,42	3,47
	В	0,70	2,16	3,45	3,62	2,23	3,52	3,62	2,10	3,51	3,51
	С	0,76	2,22	3,47	3,72	2,25	3,55	3,62	2,13	3,52	3,52
	АВ	1,34	4,21	6,81	7,05	2,42	7,04	7,22	3,98	6,77	6,95
	АС	1,42	4,32	6,85	7,22	4,46	7,05	7,23	4,17	6,91	6,99
	ВС	1,43	4,35	6,90	7,31	4,53	7,07	7,24	4,22	7,01	7,08
	АВС	2,09	6,41	10,3	10,8	6,69	10,5	10,8	6,23	10,4	10,5

Найсприятливіші умови для росту забезпечував горох, після якого у фазу повної стиглості середні значення становили 79,7 см за осіннього строку, 76,5 см – за весняного та 79,1 см – за осінньо-весняного строку підживлення.

У середньому по всіх попередниках і дозах найвищі показники висоти рослин формувалися за осіннього строку підживлення. У фазу повної стиглості середні значення становили 78,2 см за осіннього, 75,9 см – за весняного та 75,8 см – за осінньо-весняного строку підживлення. Порівняно з контролем, осінній строк азотного підживлення забезпечував найбільшу надбавку до контролю по висоті рослини, яка у середньому становила 4,5 см, тоді як за весняного строку вона дорівнювала 2,2 см, а за осінньо-весняного – 2,1 см.

Відповідна тенденція за строками підживлення зберігалася до фази повної стиглості, що свідчить про визначальну роль осіннього внесення азоту у реалізації ростового потенціалу пшениці м'якої озимої.

Загалом при вимірюванні висоти рослин у всі фенологічні фази розвитку відмінність між дозами підживлення з N_{30} до N_{90} була не істотною, але зафіксована чітка тенденція до збільшення висоти рослин при підвищенні дози азоту від контролю до N_{30} і N_{60} , що супроводжувалося стабільним зростанням висоти рослин при всіх вимірюваннях по вегетації пшениці.

У фазу повної стиглості середні значення висоти рослин по досліді зростали з 73,7 см на контролі до 78,6 см за N_{30} та 79,3 см за N_{60} . Подальше підвищення дози до N_{90} не забезпечувало істотного зростання і в середньому становило 76,8 см, що вказувало на досягнення оптимального рівня азотного підживлення на рівні N_{60} для показника висоти рослини пшениці м'якої озимої.

Найвищі показники висоти рослин пшениці у фазу повної стиглості сформувалися за поєднання гороху у якості попередника, осіннього строку підживлення та доз азоту на рівні від N_{30} до N_{60} , де висота досягала 81,1 і 80,9 см відповідно. Після менш сприятливого попередника – соняшнику навіть за підвищених доз азоту максимальні значення не перевищували 78,2 см, що підтверджувало визначний вплив попередника на формування висоти рослин.

Таким чином, формування висоти рослин пшениці м'якої озимої в першу чергу залежало від попередника і строку підживлення, де вирішальне значення мав саме осінній строк підживлення, а доза азоту в більшій мірі визначала величину надбавки відносно контролю. Наведені у таблиці значення $HP_{0,5}$ для факторів А, В, С та їх взаємодій підтверджують достовірність встановлених відмінностей між варіантами дослідів та наукову обґрунтованість отриманих результатів (див. табл. 3.2).

Протягом трьох років дослідження – 2021 р., 2022 р., 2024 р. вивчали формування висоти рослин пшениці м'якої озимої залежно від строку довесняного удобрення та дози аміачної селітри. Вимірювання проводили у фази кущення, прапорцевого листка, колосіння та повної стиглості, що дало змогу простежити динаміку ростових процесів протягом онтогенезу культури.

Встановлено, що строк довесняного удобрення істотно впливав на формування висоти рослин у всіх варіантах дослідів. У середньому по дозах азоту найбільша висота рослин у фазу повної стиглості формувалася за внесення добрив під час сівби і становила 78,6 см, тоді як за підживлення у фазу проростків вона зменшувалася до 77,2 см, а за підживлення у фазу 1–2 листків – до 75,3 см. Підживлення по мерзлоталому ґрунту забезпечувало відносно високі показники висоти, які у фазу повної стиглості в середньому складали 76,4 см. Отже, найбільш сприятливим для формування висоти рослин виявився ранній строк удобрення, тоді як більш пізнє внесення азоту на наступні фази розвитку супроводжувалося зменшенням показників, що чітко простежувалося на момент повної стиглості пшениці. При збільшенні дози азоту від N_{30} до N_{60} спостерігалось зростання висоти рослин у всі строки підживлення. У середньому по строках у фазу повної стиглості висота рослин за азотного підживлення у дозі N_{30} становила 75,7 см, а за N_{60} зростала на 2,4 см – до 78,1 см. Подальше підвищення дози азоту до N_{90} не забезпечувало стабільного зростання і в середньому становило 76,8 см, що свідчить про зниження ефективності надлишкового азотного живлення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Формування висоти рослин залежно від фенологічної фази, дози та строку
підживлення аміачною селітрою, см, 2021–2024 рр.**

Строк підживлення	Доза	Фенологічна фаза			
		Кушіння	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість
Контроль		13,9	39,3	67,4	72,5
під час сівби	N ₃₀	13,6	50,0	77,6	78,1
	N ₆₀	15,2	51,3	81,0	78,6
	N ₉₀	14,6	53,0	80,7	79,1
	середнє	14,5	51,4	79,7	78,6
у фазу проростків	N ₃₀	13,5	48,0	73,9	75,2
	N ₆₀	12,1	45,1	78,1	79,8
	N ₉₀	14,1	50,6	75,2	76,6
	середнє	13,2	47,9	75,7	77,2
у фазу 1–2 листка	N ₃₀	11,7	47,2	72,9	74,0
	N ₆₀	14,0	48,0	76,4	77,0
	N ₉₀	13,9	51,1	79,8	74,9
	середнє	13,2	48,8	76,3	75,3
по мерзлоталому грунту	N ₃₀	15,4	53,5	79,9	75,5
	N ₆₀	15,4	49,3	81,6	77,2
	N ₉₀	14,1	52,4	82,9	76,4
	середнє	15,0	51,7	81,5	76,4
середнє	N ₃₀	13,5	49,7	76,1	75,7
	N ₆₀	14,2	48,4	79,2	78,1
	N ₉₀	14,2	51,8	79,6	76,8
	середнє	14,0	50,0	78,3	76,9
НІР _{0,5}	A	0,70	1,90	3,40	3,61
	B	0,72	2,01	3,45	3,63
	C	0,76	2,00	3,48	3,65
	AB	1,36	2,12	6,79	6,98
	AC	1,43	4,21	6,85	7,06
	BC	1,48	4,19	6,88	7,13
	ABC	2,15	5,92	10,3	10,9

Аналогічна тенденція спостерігалася і в попередні фази розвитку, зокрема у фазу колосіння, де середні значення зростали з 76,1 см за N₃₀ до 79,2 см за N₆₀. Показники висоти рослин фіксувалися у фазу кущення, де середні значення коливалися у межах 13,2–15,0 см залежно від строку і дози підживлення. У фазу прапорцевого листка висота рослин зростала до 47,9–51,7 см, а максимальний приріст відбувався у період від прапорцевого листка до колосіння, коли середні значення досягали 75,7–81,5 см. У фазу повної стиглості ріст рослин завершувався, а сформовані відмінності між варіантами зберігалися, що підтверджує визначальну роль строку і дози підживлення саме на ранніх етапах органогенезу.

Отже, отримані результати свідчать, що найбільші показники висоти рослин забезпечувалися за підживлення у ранніх строках та дози N₆₀, тоді як пізні строки підживлення і підвищення дози до N₉₀ не сприяли подальшому зростанню висоти (див. табл. 3.3).

3.3 Формування маси рослин пшениці м'якої озимої за різних видів добрив, попередників, строків та фенологічних фаз

Протягом 2021 р., 2022 р., 2024 р. досліджували формування маси рослин пшениці м'якої озимої залежно від виду азотного добрива, дози та строку підживлення. Вимірювання проводили у фази кущення, прапорцевого листка, колосіння та повної стиглості.

Встановлено, що строк підживлення суттєво впливав на рівень накопичення маси рослини. Найвищі середні показники маси у фазу повної стиглості сформувалися за осінньо-весняного строку підживлення і становили 4,36 г, що перевищувало осінній строк на 0,32 г та весняний – на 0,85 г. Осінній строк підживлення займав проміжне положення і забезпечував стабільно вищі значення маси рослини порівняно з весняним, що свідчить про краще використання азоту рослиною пшениці за дворазового підживлення (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Формування маси рослин залежно від виду добрива, дози та строку азотного підживлення, г, 2021–2024 рр.

Вид добрива (А)	Доза (В)	Фенологічна фаза									
		Кущення	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість
строк підживлення (С)											
		осінь			весна			осінь + весна			
Контроль		0,40	2,54	2,30	2,39	2,63	2,32	2,39	3,09	2,30	2,39
Аміачна селітра	N ₃₀	0,45	3,69	3,91	4,14	3,59	2,45	3,41	3,69	2,27	4,73
	N ₆₀	0,64	4,21	3,08	5,18	3,23	2,61	4,24	2,87	2,85	4,74
	N ₉₀	0,47	4,22	4,10	4,16	2,73	2,53	4,26	3,46	2,75	5,69
	середнє	0,52	4,04	3,70	4,49	3,18	2,53	3,97	3,34	2,62	5,05
Карбамід	N ₃₀	0,40	4,15	3,49	3,39	2,77	1,91	3,56	3,33	2,58	4,26
	N ₆₀	0,47	3,74	3,71	3,64	2,80	2,59	4,65	3,33	2,51	3,92
	N ₉₀	0,43	4,24	4,36	3,89	3,85	2,77	3,34	3,16	2,79	5,01
	середнє	0,43	4,04	3,85	3,64	3,14	2,42	3,85	3,28	2,62	4,40
Сульфат амонію	N ₃₀	0,41	3,29	2,35	2,96	2,12	1,98	4,05	3,40	2,42	4,51
	N ₆₀	0,39	3,97	2,88	3,33	2,80	2,15	4,12	3,60	2,31	3,76
	N ₉₀	0,42	4,40	3,73	5,62	3,07	2,35	3,27	4,74	2,75	2,65
	середнє	0,41	3,88	2,99	3,97	2,66	2,16	3,81	3,91	2,49	3,64
Середнє	N ₃₀	0,42	3,71	3,25	3,50	2,11	3,68	3,47	3,47	2,42	4,50
	N ₆₀	0,50	3,97	3,23	4,05	2,45	4,34	3,27	3,27	2,56	4,14
	N ₉₀	0,44	4,28	4,06	4,56	2,55	3,62	3,79	3,79	2,76	4,45
	середнє	0,45	3,99	3,51	4,04	2,37	3,88	3,51	3,51	2,58	4,36
НІР _{0,5}	А	0,02	0,14	0,11	0,09	0,12	0,11	0,13	0,15	0,14	0,13
	В	0,03	0,15	0,12	0,08	0,12	0,11	0,14	0,16	0,15	0,15
	С	0,03	0,14	0,14	0,09	0,13	0,13	0,12	0,14	0,14	0,14
	АВ	0,06	0,28	0,23	0,25	0,25	0,23	0,27	0,31	0,28	0,29
	АС	0,06	0,27	0,23	0,26	0,27	0,23	0,26	0,32	0,32	0,31
	ВС	0,05	0,33	0,25	0,28	0,26	0,25	0,27	0,35	0,33	0,32
	АВС	0,07	0,42	0,36	0,25	0,36	0,34	0,37	0,43	0,42	0,41

Збільшення дози азоту від N_{30} до N_{90} супроводжувалося зростанням маси рослини у всі строки підживлення. У середньому по добривах маса рослин у фазу повної стиглості зменшувалася у осінньо-весняний строк підживлення з 4,50 г за N_{30} до 4,14 г за N_{60} , що відповідало зниженню на 0,36 г. Подальше підвищення дози до N_{90} забезпечувало зростання маси в середньому до 4,45 г, при підживленні у інші строки спостерігалася схожа тенденція зі зменшенням маси від внесення азоту із дози N_{30} до N_{60} і подальшим збільшенням до N_{90} , де і були отримані найбільші значення маси рослин. Серед досліджуваних видів добрив найбільшу масу рослин у фазу повної стиглості пшениця формувала за внесення селітри, де середні значення за осінньо-весняного строку досягали 5,05 г, що перевищувало показники за внесення карбаміду та сульфату амонію. Таким чином, карбамід займав проміжне положення з масою рослин 4,40 г, а сульфат амонію характеризувався найменшими значеннями маси рослин – 3,64 г в усі строки підживлення. Отримані дані свідчать, що формування маси рослини пшениці м'якої озимої визначалося комплексною дією строку, дози та виду азотного добрива. Максимальне накопичення біомаси забезпечувалося за осінньо-весняного строку підживлення у поєднанні з дозами N_{60} – N_{90} та використанням аміачної селітри, при цьому отримані переваги зберігалися і у фазу повної стиглості, що має важливе практичне значення для оптимізації системи азотного живлення культури пшениці м'якої озимої (див. табл. 3.4).

Окремим блоком досліджували формування маси рослин пшениці м'якої озимої у фази кущення, прапорцевого листка, колосіння та повної стиглості залежно від попередника, дози азоту та строку підживлення аміачною селітрою.

Встановлено, що найбільший приріст маси рослин відбувався у період від фази кущення до прапорцевого листка, після чого у фазу колосіння маса знижувалася і знову підвищувалася, набуваючи сталих значень у фазі повної стиглості. Попередник істотно впливав на формування маси рослин у всі строки підживлення. При цьому, найменша маса рослин формувалася після соняшнику, де середні значення у фазу повної стиглості становили 4,49 г за осіннього строку, 3,97 г – за весняного та 5,05 г – за осінньо-весняного строку (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Формування маси рослин залежно від попередника, дози та строку
азотного підживлення, г, 2021–2024 рр.**

Попередник (А)	Доза (В)	Кушення	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість	Прапорцевий листок	Колосіння	Повна стиглість
		строк підживлення (С)									
		контроль		осінь				весна			осінь+весна
Соняшник	контроль	0,40	2,54	2,30	2,39	2,63	2,32	2,39	3,09	2,30	2,39
	N ₃₀	0,45	3,69	3,91	4,14	3,59	2,45	3,41	3,69	2,27	4,73
	N ₆₀	0,64	4,21	3,08	5,18	3,23	2,61	4,24	2,87	2,85	4,74
	N ₉₀	0,47	4,22	4,10	4,16	2,73	2,53	4,26	3,46	2,75	5,69
	середнє	0,52	4,04	3,70	4,49	3,18	2,53	3,97	3,34	2,62	5,05
Чорний пар	контроль	0,58	5,11	3,73	4,10	5,11	3,73	4,10	5,11	3,73	4,10
	N ₃₀	0,60	5,39	4,91	4,81	4,64	4,05	5,29	6,92	5,63	6,49
	N ₆₀	0,58	5,32	4,07	5,50	5,24	3,83	4,82	6,32	6,38	5,40
	N ₉₀	0,53	4,98	3,74	5,83	5,02	4,69	5,01	5,89	5,40	4,03
	середнє	0,57	5,23	4,24	5,38	4,97	4,19	5,04	6,38	5,80	5,31
Горох	контроль	0,45	3,92	3,54	3,81	3,92	3,54	3,81	3,92	3,54	3,81
	N ₃₀	0,49	5,08	5,59	4,58	6,61	3,93	4,90	7,46	4,38	4,17
	N ₆₀	0,47	5,87	4,93	4,39	6,61	4,94	4,92	6,96	4,92	4,12
	N ₉₀	0,74	5,86	6,13	4,67	6,44	4,98	4,41	6,96	3,55	3,87
	середнє	0,57	5,60	5,55	4,55	6,53	4,96	4,74	7,13	4,29	4,05
Середнє	контроль	0,47	3,86	3,19	3,43	3,88	3,20	3,43	4,04	3,19	3,43
	N ₃₀	0,52	4,72	4,80	4,51	4,95	3,48	4,54	6,02	4,09	5,13
	N ₆₀	0,56	5,13	4,03	5,02	5,02	3,79	4,66	5,38	4,72	4,75
	N ₉₀	0,58	5,02	4,65	4,89	4,73	4,07	4,56	5,44	3,90	4,53
	середнє	0,55	4,96	4,49	4,81	4,90	3,78	4,58	5,61	4,24	4,80
НІР _{0,5}	А	0,02	0,13	0,10	0,09	0,11	0,11	0,12	0,14	0,14	0,13
	В	0,03	0,14	0,11	0,09	0,11	0,10	0,13	0,15	0,14	0,14
	С	0,02	0,14	0,13	0,08	0,13	0,13	0,12	0,14	0,14	0,14
	АВ	0,06	0,27	0,22	0,23	0,25	0,22	0,26	0,32	0,28	0,28
	АС	0,05	0,26	0,21	0,24	0,26	0,24	0,25	0,31	0,31	0,31
	ВС	0,05	0,32	0,24	0,27	0,23	0,24	0,28	0,34	0,32	0,33
	АВС	0,06	0,49	0,32	0,27	0,32	0,30	0,35	0,41	0,39	0,42

Після чорного пару маса рослин була вищою і у фазу повної стиглості досягала в середньому 5,38–5,31 г залежно від строку підживлення. Найвищі показники маси рослин зафіксовано після гороху, де у фазу повної стиглості середні значення становили 4,55 г за осіннього строку, 4,74 г за весняного та 4,05 г за осінньо-весняного.

Встановлено, що строк підживлення також істотно впливав на накопичення маси рослин. У середньому по всіх попередниках і дозах у фазу повної стиглості найвищі значення маси рослин формувалися за осіннього та осінньо-весняного строків підживлення і становили 4,81 г та 4,80 г відповідно. За весняного строку підживлення середня маса рослин у фазу повної стиглості була нижчою і становила 4,58 г. Таким чином, забезпечення рослин азотом у більш ранні фази вегетації сприяло більш інтенсивному накопиченню надземної біомаси, а сформовані переваги зберігалися до завершальної фази онтогенезу.

Доза азотного добрива визначала величину збільшення маси рослин відносно контролю. Зі збільшенням дози від контролю до N_{30} і N_{60} спостерігалось стаке зростання маси при осінньому та весняному підживленні. У фазу повної стиглості середні значення маси рослин зростали з 3,43 г на контролі до 4,51 г і 4,54 г за N_{30} та 5,02 г і 4,66 г за N_{60} у осінню і весняну фазах відповідно. Подальше підвищення дози до N_{90} не забезпечувало збільшення маси рослин, а в окремих варіантах супроводжувалося зменшенням показника, що свідчить про обмежену ефективність надлишкового азотного живлення. Натомість, при підживленні в осінньо-весняний строк, найбільші значення досліджуваного показника були отримані вже при мінімальній дозі азоту N_{30} – 5,13 г з прибавкою до контролю у 1,7 г. Подальше підвищення дози азоту не спричиняло збільшення маси рослин пшениці. Це свідчить, що при рівномірному розподілі азоту між осіннім та весняним підживленнями достатньо меншої кількості азоту для формування більшої маси рослин (див. табл. 3.5).

Таким чином, формування маси рослин пшениці м'якої озимої було результатом комплексної дії агротехнічних факторів, серед яких провідну роль відігравали попередник і строк підживлення, тоді як доза азоту визначала

величину надбавки показника відносно контролю і мала не однаковий вплив на формування маси рослин при різних строках підживлення.

Протягом трьох років дослідження вивчали залежність маси рослин пшениці м'якої озимої від строку підживлення та дози аміачної селітри з обліком у фази кущення, прапорцевого листка, колосіння та повної стиглості.

Отримані дані дають змогу оцінити динаміку накопичення надземної біомаси протягом вегетації та встановити оптимальні строки і дози азотного живлення. Результатами досліджень було встановлено, що строк підживлення істотно впливав на формування маси рослин у всі фенологічні фази. У середньому по дозах найбільша маса рослин у фазу повної стиглості формувалася за підживлення у фазу 1–2 листка і становила 4,34 г. Підживлення по мерзлоталому ґрунту забезпечувало дещо нижчі, але також високі показники маси рослин – 4,14 г. За підживлення під час сівби середнє значення маси рослин у фазу повної стиглості становило 3,76 г, а найменша маса рослин формувалася за внесення азоту у фазу проростків – 3,65 г. Таким чином, ранні строки підживлення, зокрема у фазу 1–2 листки, створювали найбільш сприятливі умови для інтенсивного накопичення маси рослин. Доза азоту істотно впливала на величину приросту маси рослин відносно нижчих рівнів живлення. Збільшення дози від N_{30} до N_{60} у більшості строків підживлення супроводжувалося зростанням маси рослин у всі фази розвитку. У середньому по строках у фазу повної стиглості маса рослин зростала з 3,81 г за N_{30} до 4,06 г за N_{60} . Подальше підвищення дози до N_{90} не спричиняло збільшення маси рослин і в середньому становило 4,04 г, що свідчить про зниження ефективності надлишкового азотного живлення для формування маси рослин пшениці м'якої озимої.

Отже, результати дослідження свідчать, що маса рослин пшениці м'якої озимої є чутливим показником до строків і доз азотного підживлення. Найбільш сприятливі умови для накопичення надземної біомаси формуються за ранніх строків внесення азоту, особливо у фазу 1–2 листків культури у поєднанні з дозою N_{60} , при цьому сформовані відмінності чітко проявляються та зберігаються до фази повної стиглості (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Формування маси рослин пшениці озимої залежно від фенологічної фази,
дозы азоту та строку підживлення аміачною селітрою, г,
2021–2024 рр.**

Строк підживлення (А)	Доза (В)	Фенологічна фаза (С)			
		кущення	прапорцевий листок	колосіння	повна стиглість
контроль		0,42	1,60	1,42	3,91
під час сівби	N ₃₀	0,65	4,12	3,68	3,29
	N ₆₀	0,56	3,83	3,52	4,26
	N ₉₀	0,67	5,41	3,66	3,73
	середнє	0,63	4,45	3,62	3,76
у фазу проростків	N ₃₀	0,35	3,71	2,93	3,49
	N ₆₀	0,59	4,70	3,15	3,46
	N ₉₀	0,46	4,67	3,61	3,99
	середнє	0,47	4,36	3,23	3,65
у фазу 1–2 листка	N ₃₀	0,40	3,74	3,25	4,82
	N ₆₀	0,54	3,62	3,52	3,68
	N ₉₀	0,48	4,16	3,83	4,52
	середнє	0,47	3,84	3,53	4,34
по мерзлоталому грунту	N ₃₀	0,56	4,28	3,42	3,65
	N ₆₀	0,69	3,93	3,49	4,85
	N ₉₀	0,54	4,38	3,81	3,91
	середнє	0,60	4,20	3,57	4,14
середнє	N ₃₀	0,49	3,96	3,32	3,81
	N ₆₀	0,60	4,02	3,42	4,06
	N ₉₀	0,54	4,65	3,73	4,04
	середнє	0,54	4,21	3,49	3,97
НІР _{0,5}	А	0,02	0,13	0,10	0,09
	В	0,02	0,14	0,11	0,08
	С	0,03	0,14	0,12	0,08
	АВ	0,06	0,28	0,22	0,23
	АС	0,05	0,28	0,21	0,24
	ВС	0,06	0,31	0,23	0,26
	АВС	0,08	0,39	0,32	0,24

3.4 Структура врожайності пшениці м'якої озимої за різних видів добрив, попередників, строків підживлення та фенологічних фаз

З метою встановлення впливу окремих елементів структури на формування урожайності зерна проведено кореляційний аналіз взаємозв'язків між урожайністю структури та основними показниками продуктивності рослин пшениці озимої за різних видів добрив і доз азотного підживлення.

Результатами досліджень було встановлено, що застосування аміачної селітри зумовило суттєві зміни структури врожайності вже при дозі N_{30} , де маса зерна з одного колоса зросла з 0,94 г на контролі до 1,22 г, кількість зерен у колосі – з 21,6 шт. до 30,1 шт., а урожайність підвищилась до 4,48 т/га, що на 1,32 т/га перевищувало контроль. За дози N_{60} кількість зерен у колосі збільшилась до 34,4 шт., а маса зерна з колоса – до 1,36 г, що забезпечило урожайність 4,82 т/га. Найвищі структурні показники колоса зафіксовано за дози N_{90} , де маса зерна з колоса становила у середньому 1,38 г, кількість зерен – 34,5 шт, а урожайність – 4,94 т/га, що відповідало надбавці 1,78 т/га до контролю, але збільшення врожайності не було істотним у порівнянні із N_{60} . Подальше підвищення дози до N_{120} сприяло зростанню кількості продуктивних стебел до 3,82 млн шт./га та коефіцієнта продуктивного кушіння до 1,75, однак маса зерна з колоса зменшилась до 1,28 г, а урожайність знизилась до 4,89 т/га. Кореляційний аналіз підтвердив провідну роль структурних параметрів колоса, оскільки урожайність була тісно пов'язана із кількістю зерен у колосі: $r = 0,88$ та масою зерна з одного колоса: $r = 0,79$, тоді як маса 1000 зерен мала від'ємний зв'язок: $r = -0,68$, що свідчить про компенсаторний характер цього показника. За використання карбаміду у якості добрива при підживленні, в середньому по строках прибавка урожайності супроводжувалася більш помірним зростанням показників структури. Так, за дози N_{30} маса зерна з одного колоса збільшилась до 1,33 г, кількість зерен у колосі – до 29,5 шт., а урожайність досягла 4,47 т/га, що на 1,32 т/га більше порівняно з контролем (дод. А1–А3, табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Структура врожайності пшениці озимої залежно від дози азоту при
підживленні різними добривами, середнє по строках удобрення,
2021–2024 рр.**

Доза (А)		Кількість продуктивних стебел, млн/га	Коефіцієнт продуктивного кущіння	Маса зерна з 1 колоса, г	Кількість зерен з 1 колоса, шт.	Маса 1000 зерен, г	Біологічна урожайність, т/га
Аміачна селітра (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,16
N ₃₀		3,67	1,55	1,22	30,1	40,8	4,48
N ₆₀		3,54	1,65	1,36	34,4	39,8	4,82
N ₉₀		3,58	1,63	1,38	34,5	40,9	4,94
N ₁₂₀		3,82	1,75	1,28	33,8	37,9	4,89
середнє по А		3,65	1,65	1,31	33,2	39,7	4,79
г з урожайністю		0,35	0,60	0,79	0,88	-0,68	0,83
НІР _{0,5}	А	0,12	0,13	0,08	2,26	2,5	0,18
	В	0,10	0,11	0,07	1,66	2,3	0,17
	АВ	0,23	0,21	0,15	3,81	4,8	0,36
Карбамід (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,15
N ₃₀		3,36	1,30	1,33	29,5	45,6	4,47
N ₆₀		3,37	1,38	1,36	33,0	41,5	4,58
N ₉₀		3,75	1,37	1,34	33,1	40,9	5,00
N ₁₂₀		3,86	1,47	1,26	30,8	40,9	4,86
середнє по А		3,58	1,38	1,32	31,6	42,2	4,73
г з урожайністю		0,57	0,41	0,79	0,52	-0,40	0,77
НІР _{0,5}	А	0,10	0,09	0,06	1,43	2,61	0,17
	В	0,08	0,07	0,05	1,13	2,57	0,16
	АВ	0,19	0,15	0,13	2,46	5,08	0,32
Сульфат амонію (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,15
N ₃₀		3,78	1,45	1,22	26,3	50,5	4,63
N ₆₀		3,78	1,43	1,21	29,5	41,3	4,59
N ₉₀		4,33	1,28	1,15	27,9	41,7	4,99
N ₁₂₀		3,28	1,43	1,34	33,0	40,6	4,40
середнє по А		3,80	1,40	1,23	29,2	43,5	4,69
г з урожайністю		0,51	-0,03	0,60	0,39	-0,36	0,77
НІР _{0,5}	А	0,10	0,10	0,06	1,30	2,37	0,18
	В	0,08	0,07	0,06	1,05	2,22	0,17
	АВ	1,17	0,16	0,14	2,42	4,58	0,38

Дози N_{60} і N_{90} забезпечили подальше зростання кількості зерен у колосі до 33,0–33,1 шт. та маси зерна з колоса до 1,34–1,36 г, що відповідало урожайності 4,58–5,00 т/га. Максимальна доза N_{120} характеризувалась зростанням кількості продуктивних стебел до 3,86 млн шт/га, однак маса зерна з колоса зменшилась до 1,26 г, а урожайність знизилась до 4,86 т/га. Таким чином, виходячи із рівня урожайності при різних дозах за підживлення карбамідом, найбільш агрономічно доцільно було використання дози N_{60} , так як подальше збільшення дози підвищувало урожайність не істотно, або взагалі зменшувало (при N_{120}). Кореляційні коефіцієнти свідчать, що за внесення карбаміду урожайність найбільше залежала від маси зерна з одного колоса: $r = 0,79$ та кількості продуктивних стебел: $r = 0,57$, тоді як кількість зерен у колосі мала помірний зв'язок: $r = 0,52$, а маса 1000 зерен – від'ємний: $r = -0,40$.

За внесення сульфату амонію структура врожайності змінювалась менш рівномірно. За дози N_{30} кількість продуктивних стебел зросла до 3,78 млн шт./га, маса зерна з колоса – до 1,22 г, а урожайність підвищилась до 4,63 т/га, що відповідало надбавці до контролю 1,48 т/га. Доза N_{60} забезпечувала урожайність 4,59 т/га при масі зерна з колоса 1,21 г та кількості зерен у колосі 29,5 шт. Найвища урожайність зафіксована при N_{90} – 4,99 т/га, що супроводжувалось максимальним збільшенням кількості продуктивних стебел до 4,33 млн шт./га, хоча маса зерна з колоса залишалась відносно невисокою – 1,15 г. При дозі N_{120} спостерігалось зростання маси зерна з колоса до 1,34 г та кількості зерен у колосі до 33,0 шт., однак урожайність зменшилась до 4,40 т/га. Кореляційний аналіз показав середній позитивний зв'язок урожайності з масою зерна з колоса: $r = 0,60$ та кількістю продуктивних стебел: $r = 0,51$, тоді як коефіцієнт продуктивного кушіння практично не впливав на урожайність: $r = -0,03$, а маса 1000 зерен мала від'ємний зв'язок: $r = -0,36$ (див. дод. А1–А3, табл. 3.7).

Таким чином, аналіз параметрів структури врожайності у поєднанні з кореляційними зв'язками показав, що надбавки урожайності від азотного підживлення формувалися передусім за рахунок зростання маси та озерненості колоса. Показники густоти продуктивного стеблостою відігравали важливу, але

допоміжну роль, особливо за середніх доз азоту. Маса 1000 зерен у всіх варіантах не була лімітуючим фактором урожайності та проявляла компенсаторний характер у структурі врожайності.

При використанні трьох досліджуваних добрив в середньому по дозах всі строки підживлення сприяли підвищенню основних параметрів структури врожайності по відношенню до контролю. Найбільше підвищення кількості продуктивних стебел на гектарі з 3,35 млн. шт./га до 3,77 млн. шт./га та коефіцієнту продуктивного кущення з 1,25 до 1,93 отримано за осінньо-весняного підживлення. Коефіцієнти кореляції цих показників з урожайністю становили відповідно $r=0,35$ і $r=0,60$, що свідчить про значний, але не вирішальний вплив цих показників на урожайність пшениці м'якої озимої. На фоні весняного підживлення аміачною селітрою отримали найбільші надбавки до контролю у 0,43 до коефіцієнту продуктивного кущення та 12,1 г до маси зерна з колоса, коефіцієнти кореляції цих показників з урожайністю становили $r=0,79$ та $r=0,88$. Це свідчить про визначний вплив кількості та маси зерна з колосу на формування урожайності, де саме при весняному підживленні була найбільша біологічна урожайність – 4,97 т/га.

Натомість, після підживлення карбамідом найвища біологічна урожайність була забезпечена за рахунок осінньо-весняного підживлення – 5,17 т/га, що супроводжувалось зростанням по відношенню до контролю маси зерна з колоса з 0,94 г до 1,43 г та кількості зерен з колоса з 21,6 шт. до 35,2 шт. Визначний вплив маси зерна з колоса та кількості продуктивних стебел на урожайність підтверджував кореляційний аналіз, де $r=0,79$ і $r=0,57$ відповідно до зазначених показників структури.

За підживлення сульфатом амонію максимальну біологічну урожайність – 5,04 т/га отримали завдяки поєднанню осіннього і весняного підживлення, за максимальної кількості продуктивних стебел 4,06 млн. шт./га. Середній позитивний зв'язок урожайність мала із масою зерна з колоса $r=0,60$ та кількістю продуктивних стебел $r=0,51$ (дод. А1–А3, табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Структура врожайності пшениці озимої залежно від строку підживлення різними добривами, середнє по дозах удобрення, 2021–2024 рр.

Строк (А)		Кількість продуктивних стебел, млн/га	Коефіцієнт продуктивного кушення	Маса зерна з 1 колоса, г	Кількість зерен з 1 колоса, шт.	Маса 1000 зерен, г	Біологічна урожайність, т/га
Аміачна селітра (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,16
осінь		3,57	1,56	1,30	32,4	40,3	4,64
весна		3,62	1,45	1,37	33,7	40,8	4,97
осінь+весна		3,77	1,93	1,27	33,6	37,9	4,80
середнє по А		3,65	1,65	1,31	33,2	39,7	4,79
г з урожайністю		0,35	0,60	0,79	0,88	-0,68	0,83
НІР _{0,5}	А	0,12	0,13	0,08	2,26	2,51	0,18
	В	0,10	0,11	0,07	1,66	2,32	0,17
	АВ	0,23	0,21	0,15	3,81	4,79	0,36
Карбамід (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,15
осінь		3,64	1,33	1,29	29,7	44,0	4,70
весна		3,50	1,39	1,23	29,8	41,7	4,32
осінь+весна		3,61	1,43	1,43	35,2	40,9	5,17
середнє по А		3,58	1,38	1,32	31,6	42,2	4,73
г з урожайністю		0,57	0,41	0,79	0,52	-0,40	0,77
НІР _{0,5}	А	0,10	0,09	0,06	1,43	2,61	0,17
	В	0,08	0,07	0,05	1,13	2,57	0,16
	АВ	0,19	0,15	0,13	2,46	5,08	0,32
Сульфат амонію (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,15
осінь		3,75	1,35	1,24	28,3	47,1	4,64
весна		3,58	1,46	1,23	29,4	41,9	4,38
осінь+весна		4,06	1,39	1,24	29,9	41,6	5,04
середнє по А		3,80	1,40	1,23	29,2	43,5	4,69
г з урожайністю		0,51	-0,03	0,60	0,39	-0,36	0,77
НІР _{0,5}	А	0,10	0,10	0,06	1,30	2,37	0,18
	В	0,08	0,07	0,06	1,05	2,22	0,17
	АВ	1,17	0,16	0,14	2,42	4,58	0,38

Ефективність строків підживлення визначалася в основному їх впливом на кількість зерен з колоса та на масу зерна з колосу. Показник маси 1000 зерен мав компенсаторний характер і не лімітував урожайність. Поєднання осіннього і весняного підживлення забезпечувало найвищі надбавки урожайності при використанні карбаміду і сульфату амонію, тоді як за використання аміачної селітри найбільшу надбавку одержали після весняного строку підживлення (див. дод. А1–А3, табл. 3.8).

Протягом 2021 р., 2022 р. та 2024 р. досліджували вплив різних строків та доз підживлення аміачною селітрою на формування структури врожайності пшениці після соняшника, чорного пару та гороху. Серед досліджуваних попередників найвищі показники структури та урожайності формувалися після традиційно більш кращих попередників – чорного пару та гороху, натомість соняшник у якості попередника забезпечив суттєво гірші умови для реалізації потенційної продуктивності культури. Після різних попередників в середньому по строках урожайність сформувалась за рахунок різних показників структури. Так, після соняшника урожайність на контролі без добрив становила 3,16 т/га при масі зерна з одного колоса 0,94 г та 21,6 зернин у колосі. При підживленні у дозах N_{30} – N_{90} кількість зерен з колоса зростала до 30,1–34,5 шт., а маса зерна з колоса до 1,22–1,38 г, що дало змогу сформувати оптимальну біологічну урожайність – 4,82 т/га при N_{60} . Подальше збільшення дози азоту до N_{90} та N_{120} змінювало біологічну урожайність, кількість зерна та масу зерна з колоса не істотно. Отримані дані підтверджуються тісною кореляцією урожайності з кількістю зерен з колоса: $r = 0,88$ та масою зерна з колоса $r = 0,79$, натомість маса 1000 зерен зменшувалась з підвищенням дози азоту при підживленні, а кореляція з урожайністю мала від’ємний зв’язок: $r = -0,68$. Після чорного пару сформувався значно вищий базовий рівень показників структури урожайності – 4,58 т/га. Тут найбільш оптимальною дозою при підживленні була N_{30} , так як саме на такому варіанті були найбільші значення коефіцієнту продуктивності – 1,9, маси зерна з колоса – 1,3 г та кількості зерна з одного колоса – 32,1 шт., що забезпечило максимальну урожайність 5,89 т/га (дод. А1, А4–А5, табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Структура врожайності пшениці озимої залежно від дози азоту після різних попередників, середнє по строках удобрення, 2021–2024 рр.

Доза (А)		Кількість продуктивних стебел, млн/га	Коефіцієнт продуктивного кущіння	Маса зерна з 1 колоса, г	Кількість зерен з 1 колоса, шт.	Маса 1000 зерен, г	Біологічна урожайність, т/га
Попередник соняшник (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,16
N ₃₀		3,67	1,55	1,22	30,1	40,8	4,48
N ₆₀		3,54	1,65	1,36	34,4	39,8	4,82
N ₉₀		3,58	1,63	1,38	34,5	40,2	4,94
N ₁₂₀		3,82	1,75	1,28	33,8	37,9	4,89
середнє по А		3,65	1,65	1,31	33,2	39,7	4,79
г з урожайністю		0,35	0,60	0,79	0,88	-0,68	0,83
НІР _{0,5}	А	0,12	0,13	0,08	2,26	2,51	0,18
	В	0,10	0,11	0,07	1,66	2,32	0,17
	АВ	0,23	0,21	0,15	3,81	4,79	0,36
Попередник чорний пар (В)							
без добрив		4,29	1,75	1,07	26,3	40,6	4,58
N ₃₀		4,52	1,90	1,30	32,1	40,5	5,89
N ₆₀		4,77	1,87	1,22	31,2	39,1	5,80
N ₉₀		4,34	1,82	1,17	29,2	40,3	5,09
N ₁₂₀		4,66	1,71	1,14	26,5	43,3	5,31
середнє по А		4,57	1,82	1,21	29,8	40,8	5,53
г з урожайністю		0,27	0,40	0,86	0,72	-0,39	0,72
НІР _{0,5}	А	0,17	0,10	0,09	2,41	3,31	0,16
	В	0,11	0,08	0,07	2,23	2,25	0,14
	АВ	0,27	0,19	0,18	4,63	5,53	0,28
Попередник горох (В)							
без добрив		4,01	1,35	1,34	31,8	42,1	5,38
N ₃₀		4,80	1,62	1,38	34,9	39,5	6,63
N ₆₀		4,75	1,67	1,19	28,8	41,7	5,66
N ₉₀		4,23	1,48	1,40	31,7	44,4	5,93
N ₁₂₀		4,23	1,42	1,38	32,8	42,1	5,83
середнє по А		4,50	1,55	1,33	32,0	41,9	6,01
г з урожайністю		0,69	0,47	0,76	0,59	-0,40	0,72
НІР _{0,5}	А	0,14	0,16	0,08	2,30	2,47	0,18
	В	0,12	0,09	0,07	1,91	2,43	0,16
	АВ	0,25	0,19	0,16	4,19	4,86	0,33

Кореляційний аналіз підтвердив визначну роль у формуванні урожайності маси зерна з колоса: $r = 0,86$ та кількості зерен у колосі: $r = 0,72$. Маса 1000 зерен знову мала від'ємний зв'язок, як і після попередника соняшник: $r = -0,39$.

Після гороху сформувались найвищі середні показники структури урожайності. Так, урожайність на контролі становила 5,38 т/га, а при N_{30} зросла до максимуму у досліді – 6,63 т/га, це супроводжувалося збільшенням маси зерна з колоса до 1,38 г та кількістю зернин у колосі до 34,9 шт. Урожайність найбільш тісно корелювала з кількістю продуктивних стебел $r = 0,69$ та масою зерна з колоса $r = 0,76$.

Встановлено, що попередник мав найбільш істотний вплив на формування структури врожайності та на ефективність азотного живлення. Найменш сприятливим попередником був соняшник тоді як чорний пар та, особливо, горох забезпечували кращу реалізацію продуктивності пшениці м'якої озимої. У всіх варіантах досліді провідну роль у формуванні урожайності відігравали маса зерна з колоса та кількість зерен у колосі, а після гороху ще і кількість продуктивних стебел. Маса 1000 зерен мала компенсаторний характер (див. дод. А1, А4–А5, табл. 3.9).

У досліді із строками підживлення після попередника соняшник урожайність на контролі становила 3,16 т/га. При підживленні у осінній та весняний строки істотно підвищувалася продуктивність одного колосу, де кількість зерна зростала у порівнянні із контролем до 32,4–33,7 шт., а маса зерна з колоса до 1,30–1,37 г. Натомість найбільша урожайність – 4,97 т/га сформувалася за весняного підживлення за рахунок тісного кореляційного зв'язку з кількістю зерен у колосі: $r = 0,88$ та масою зерна з колоса: $r = 0,79$.

Після чорного пару осінньо-весняний строк підживлення найбільше сприяв зростанню урожайності до 5,90 т/га в основному за рахунок збільшення маси зерна з колоса до 1,26 г і кількості зерен до 30,0 шт. Урожайність формувалася за рахунок маси зерна з колоса: $r = 0,86$ та кількості зерен у колосі: $r = 0,72$ (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Структура врожайності пшениці озимої залежно від строку підживлення після різних попередників, середнє по дозах удобрення, 2021–2024 рр.

Строк підживлення (А)		Кількість продуктивних стебел, млн/га	Коефіцієнт продуктивного кущіння	Маса зерна з 1 колоса, г	Кількість зерен з 1 колоса, шт.	Маса 1000 зерен, г	Біологічна урожайність, т/га
Попередник соняшник (В)							
без добрив		3,35	1,25	0,94	21,6	43,4	3,16
осінь		3,57	1,56	1,30	32,4	40,3	4,64
весна		3,62	1,45	1,37	33,7	40,8	4,97
осінь+весна		3,77	1,93	1,27	33,6	37,9	4,80
середнє по А		3,65	1,65	1,31	33,2	39,7	4,79
г з урожайністю		0,35	0,60	0,79	0,88	-0,68	0,83
НІР 0,5	А	0,12	0,13	0,08	2,26	2,51	0,18
	В	0,10	0,11	0,07	1,66	2,32	0,17
	АВ	0,23	0,21	0,15	3,81	4,79	0,36
Попередник чорний пар (В)							
без добрив		4,29	1,75	1,07	26,3	40,6	4,58
осінь		4,58	1,83	1,15	29,0	39,9	5,25
весна		4,45	1,83	1,23	30,5	40,3	5,46
осінь+весна		4,70	1,81	1,26	30,0	42,2	5,90
середнє по А		4,57	1,82	1,21	29,8	40,8	5,53
г з урожайністю		0,27	0,40	0,86	0,72	-0,39	0,72
НІР 0,5	А	0,17	0,10	0,09	2,41	3,31	0,16
	В	0,11	0,08	0,07	2,23	2,25	0,14
	АВ	0,27	0,19	0,18	4,63	5,53	0,28
Попередник горох (В)							
без добрив		4,01	1,35	1,34	31,8	42,1	5,38
осінь		4,48	1,55	1,31	30,2	43,7	5,86
весна		4,54	1,51	1,34	32,9	41,1	6,10
осінь+весна		4,49	1,58	1,35	33,0	41,0	6,07
середнє по А		4,50	1,55	1,33	32,0	41,9	6,01
г з урожайністю		0,69	0,47	0,76	0,59	-0,40	0,72
НІР 0,5	А	0,14	0,16	0,08	2,30	2,47	0,18
	В	0,12	0,09	0,07	1,91	2,43	0,16
	АВ	0,25	0,19	0,16	4,19	4,86	0,33

Після гороху весняне та осінньо-весняне підживлення забезпечували урожайність 6,07–6,10 т/га, що супроводжувалось високою масою зерна з колоса – 1,34–1,35 г та 32,9–33,0 зернин в колосі. Кореляційний аналіз підтвердив провідну роль кількості продуктивних стебел: $r = 0,69$ і маси зерна з колоса: $r = 0,76$. Незалежно від попередника, провідну роль у формуванні урожайності відігравали маса зерна та кількість зерен в колосі, що підтверджувалося коефіцієнтами кореляції. Показники густоти продуктивного стеблостою мали допоміжне значення, особливо після гарних попередників: чорного пару та гороху. Маса 1000 зерен у всіх варіантах проявляла компенсаторний характер і не була лімітуючим фактором урожайності, що свідчить про пріоритет кількісних елементів структури врожайності над масою зерен (див. табл. 3.10).

З метою визначення впливу дози та фенологічної фази під час підживлення аміачною селітрою протягом 2021–2024 рр. були проаналізовані елементи структури урожайності пшениці озимої. Встановлено, що на контрольному варіанті без внесення добрив урожайність була найнижчою і становила 2,89 т/га, що було обумовлено мінімальною масою зерна з колоса – 0,76 г та найменшою кількістю зерен у колосі – 17,8 шт.

При азотному підживленні у дозі N_{30} найбільшу урожайність – 5,40 т/га отримали після внесення аміачної селітри по мерзлоталому ґрунту, що супроводжувалося зростанням маси і кількості зерна з колоса – 1,30 г і 31,8 шт. відповідно. Підживлення під час сівби та у фазі 1–2 листків сформували урожайність на рівні 4,13–4,61 т/га, а внесення азоту у фазу проростків характеризувалося найменшою ефективністю. В середньому по фазах за дози N_{30} урожайність становила 4,30 т/га.

За дози N_{60} максимальну урожайність – 6,47 т/га отримали при підживленні у фазі 1–2 листків, що обумовлювалося високою масою зерна з колоса – 1,31 г та кількістю зерен – 30,4 шт. Підживлення по мерзлоталому ґрунту було менш ефективним, тут врожайність становила 5,11 т/га. Середня по фазам підживлення урожайність за цією дозою становила 4,97 т/га (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

**Структура врожайності пшениці озимої залежно від дози та строку
довесняного підживлення аміачною селітрою, 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Кількість продуктивних стебел, млн/га	Коефіцієнт продуктивного кущіння	Маса зерна з 1 колоса, г	Кількість зерен з 1 колоса, шт.	Маса 1000, г	Біологічна урожайність, т/га
контроль		3,79	1,50	0,76	17,8	42,9	2,89
N ₃₀	під час сівби	5,08	1,40	0,91	24,3	37,3	4,61
	у фазу проростків	3,30	1,55	0,98	23,3	42,2	3,24
	у фазу 1–2 листка	3,86	1,45	1,07	25,4	42,1	4,13
	по мерзлоталому ґрунту	4,17	1,10	1,30	31,8	40,8	5,40
	середнє	4,10	1,38	1,05	25,8	40,6	4,30
N ₆₀	під час сівби	3,94	1,35	1,15	28,0	41,1	4,53
	у фазу проростків	3,89	1,55	1,04	24,9	41,7	4,03
	у фазу 1–2 листка	4,92	1,35	1,31	30,4	43,2	6,47
	по мерзлоталому ґрунту	3,94	1,25	1,30	32,7	39,7	5,11
	середнє	4,17	1,38	1,19	28,8	41,4	4,97
N ₉₀	під час сівби	5,15	1,90	0,95	23,0	41,2	4,88
	у фазу проростків	4,20	1,75	1,07	25,9	41,3	4,48
	у фазу 1–2 листка	4,55	1,35	1,50	38,8	38,5	6,80
	по мерзлоталому ґрунту	3,56	1,25	1,49	35,9	41,5	5,30
	середнє	4,37	1,56	1,21	29,8	40,6	5,27
N ₁₂₀	під час сівби	3,64	1,25	1,77	45,5	38,8	6,43
	у фазу проростків	4,85	1,30	1,62	41,2	39,3	7,87
	у фазу 1–2 листка	4,32	1,80	1,22	29,8	41,1	5,28
	по мерзлоталому ґрунту	4,32	1,80	1,23	31,6	39,1	5,33
	середнє	4,28	1,54	1,42	35,9	39,6	6,08
середнє	під час сівби	4,45	1,48	1,16	29,2	39,6	5,15
	у фазу проростків	4,06	1,54	1,16	28,2	41,1	4,69
	у фазу 1–2 листка	4,41	1,49	1,27	30,9	41,2	5,59
	по мерзлоталому ґрунту	4,00	1,35	1,32	32,9	40,3	5,28
	середнє	4,23	1,46	1,22	30,2	40,5	5,17
r з урожайністю		0,25	0,27	0,86	0,68	-0,20	0,71
А		0,55	0,27	0,06	1,80	1,30	0,16
В		0,55	0,27	0,06	1,80	1,30	0,16
АВ		1,10	0,53	0,15	3,76	2,62	0,33

За підживлення у дозі N_{90} урожайність була найвищою – 6,80 т/га і формувалась за внесення азоту у фазі 1–2 листків, що характеризувалось найбільшою кількістю зерен у колосі – 38,8 шт. Підживлення по мерзлоталому ґрунту та під час сівби забезпечували нижчі показники урожайності – 5,30 т/га і 4,88 т/га відповідно. Найбільшу врожайність у цьому досліді отримано у фазі проростків – 7,87 т/га за дози N_{120} , що обумовлювалося найбільшою масою зерна з колоса – 1,62 г та 41,2 зернин в колосі. В середньому по фазах урожайність за дози N_{120} становила 6,08 т/га. Кореляційний аналіз підтвердив, що урожайність найбільш тісно була пов'язана з масою зерна з одного колоса: $r = 0,86$ та кількістю зерен у колосі: $r = 0,68$. Кількість продуктивних стебел і коефіцієнт продуктивного кущіння мали слабкий, але позитивний зв'язок з урожайністю: $r = 0,25$ – $0,27$. Маса 1000 зерен характеризувалась дуже слабкою від'ємною кореляцією: $r = -0,20$. Отримані результати свідчать що урожайність пшениці озимої зростала зі збільшенням дози азоту та за оптимального вибору фази підживлення. Найбільші показники сформувалися за внесення у фазі 1–2 листків завдяки збільшенню маси та кількості зерна з колоса. Вирішальну роль у формуванні урожайності пшениці озимої відігравали показники продуктивності колоса, а густота стеблостою і маса 1000 зерен мали опосередкований і компенсаторний характер (див. табл. 3.11).

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що ріст і розвиток рослин пшениці м'якої озимої значною мірою залежали від попередника, виду азотного добрива, строку та дози підживлення. Найвищі показники висоти рослин формувалися після гороху за осіннього внесення азоту в дозах N_{30} – N_{60} (75,8–81,1 см), тоді як після соняшнику вони були найнижчими (70,1–73,7 см). Серед досліджуваних добрив найбільш ефективними для стимулювання ростових процесів виявилися аміачна селітра та карбамід, внесені восени у дозах N_{60} – N_{90} . Максимальна висота рослин (77 см) формувалась за підживлення у фазі 2–3 листків дозою N_{60} , тоді як подальше збільшення дози азоту не забезпечувало істотної зміни цього показника.

2. Формування надземної маси рослин визначалося як видом азотного добрива, так і строком його внесення. Найбільшу масу рослин (5,69 г) після попередника соняшник забезпечувало осінньо-весняне внесення аміачної селітри у дозі N_{90} . У середньому за дослідом найсприятливіші умови для накопичення надземної маси склалися за проведення підживлення у фазі 1–2 листків культури, де цей показник становив 4,34 г.

3. Встановлено, що прибавка урожайності від азотного підживлення забезпечувалася переважно за рахунок підвищення продуктивності колоса – збільшення маси зерна та кількості зерен у колосі. Найвищі показники цих елементів структури врожайності формувалися за поєднання осіннього і весняного підживлення карбамідом (1,43 г і 35,2 шт.) та сульфатом амонію (1,24 г і 29,9 шт.), тоді як за весняного підживлення найбільш ефективною була аміачна селітра (відповідно 1,37 г і 37,7 шт.). Густота продуктивного стеблостою мала другорядне значення, а маса 1000 зерен проявляла компенсаторний характер і не була визначальним чинником формування врожайності.

4. Встановлено істотний вплив попередника на реалізацію продуктивного потенціалу пшениці м'якої озимої. Найменшу біологічну врожайність забезпечував соняшник (4,79 т/га), тоді як після чорного пару та гороху вона становила відповідно 5,53 т/га та 6,01 т/га, що свідчить про більш сприятливі умови росту і розвитку культури після цих попередників.

5. Найвища біологічна врожайність пшениці м'якої озимої (5,59 т/га) формувалася за проведення осіннього азотного підживлення у фазі 1–2 листків. Її зростання забезпечувалося оптимальним поєднанням густоти продуктивного стеблостою (4,41 млн шт./га), маси зерна з колоса (1,27 г) та кількості зерен у колосі (30,9 шт.). Вирішальну роль у формуванні біологічної врожайності відігравали показники продуктивності колоса, тоді як густота стеблостою та маса 1000 зерен мали допоміжний і компенсаторний характер.

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ПІДЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ

4.1 Вплив попередника на ефективність доз азотного підживлення за різними строками внесення

За результатами наших досліджень у 2020–2024 рр. встановлено, що рівень продуктивності пшениці озимої залежав від погодних умов та попередників на фоні підживлення аміачною селітрою у різних дозах.

Найбільш сприятливі погодні умови склалися у період вегетації 2020/2021 рр., що забезпечило урожайність в середньому по строках підживлення після попередників чорний пар, горох та соняшник відповідно 8,19 т/га (за дози N_{30}), 7,92 т/га (за дози N_{30}) та 6,93 т/га (за дози N_{120}).

Жорсткі умови для формування врожайності зерна пшениці м'якої озимої були у вегетаційний період 2023/2024 рр., коли через ґрунтову та повітряну посухи у період проходження критичних фаз розвитку (березень – травень) врожайність в середньому по строках підживлення становила після попередників чорний пар, горох та соняшник відповідно 3,56 т/га (за дози N_{60}), 3,97 т/га (за дози N_{90} , N_{120}) та 3,40 т/га (за дози N_{120}).

Період вегетації 2021/2022 рр. в цілому був схожим до періоду вегетації 2020/2021 рр., але у зв'язку з повномасштабним вторгненням РФ азотне підживлення було проведено пізніше звичайних строків – у фазу прапорцевого листка пшениці. Після попередників чорний пар, горох та соняшник урожайність в середньому по строках складала відповідно 5,05 т/га (за дози N_{30}); 5,96 т/га (за дози N_{30}) та 3,72 т/га (за дози N_{60}). У середньому за роки досліджень при підживленні після попередників чорний пар та горох найбільший рівень урожайності одержано за дози N_{30} (5,56 т/га та 5,89 т/га відповідно), а після соняшника – за дози N_{120} (4,65 т/га) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від дози підживлення
аміачною селітрою та попередника, середнє по строках підживлення,
т/га, 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Рік (С)			Середнє	Надбавка до контролю	
	2021	2022	2024		т/га	%
Попередник чорний пар (В)						
контроль (без добрив)	7,69	4,22	3,31	5,16	—	—
N ₃₀	8,19	5,05	3,42	5,56	0,40	8
N ₆₀	7,98	4,86	3,56	5,47	0,31	6
N ₉₀	7,75	4,19	3,55	5,16	0,00	0
N ₁₂₀	7,76	4,16	3,45	5,12	-0,04	-1
середнє	7,92	4,56	3,50	5,33	0,17	3
НІР _{0,5}	А–0,13; В–0,12; С–0,12; АВ–0,23; АС–0,23; ВС–0,20; АВС–0,40					
Попередник горох (В)						
контроль (без добрив)	7,34	5,04	3,52	5,30	—	—
N ₃₀	7,92	5,96	3,80	5,89	0,59	11
N ₆₀	7,52	5,42	3,85	5,60	0,30	6
N ₉₀	7,77	5,18	3,97	5,64	0,34	6
N ₁₂₀	7,52	5,01	3,97	5,50	0,20	4
середнє	7,68	5,39	3,90	5,66	0,36	7
НІР _{0,5}	А–0,09; В–0,08; С–0,08; АВ–0,16; АС–0,16; ВС–0,14; АВС–0,28					
Попередник соняшник (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
N ₃₀	6,26	2,80	2,85	3,97	0,88	29
N ₆₀	6,77	3,72	3,18	4,56	1,47	47
N ₉₀	6,76	3,64	3,26	4,55	1,46	47
N ₁₂₀	6,93	3,63	3,40	4,65	1,56	51
середнє	6,68	3,45	3,17	4,43	1,34	44
НІР _{0,5}	А–0,13; В–0,11; С–0,11; АВ–0,22; АС–0,22; ВС–0,19; АВС–0,38					
Середнє по попередникам (В)						
контроль (без добрив)	6,67	3,73	3,16	4,52		
N ₃₀	7,46	4,61	3,36	5,14	0,62	16
N ₆₀	7,43	4,67	3,53	5,21	0,69	20
N ₉₀	7,43	4,34	3,59	5,12	0,60	18
N ₁₂₀	7,41	4,26	3,61	5,09	0,58	18
середнє	7,43	4,47	3,52	5,14	0,62	18
НІР _{0,5}	А–0,11; В–0,10; С–0,10; АВ–0,21; АС–0,21; ВС–0,18; АВС–0,36					

Найвищу урожайність в схожих погодних умовах двох сезонів 2020/2021 рр. та 2021/2022 рр. після попередників чорний пар і горох забезпечило підживлення у дозі N_{30} , де урожайність пшениці у 2021 р. становила відповідно 8,19 т/га та 7,92 т/га, а у 2022 р. – відповідно 5,05 т/га та 5,96 т/га.

В посушливих умовах весни 2024 р. найбільшу урожайність після чорного пару і гороху отримано при внесенні азоту у дозі N_{90} – 3,55 т/га та 3,97 т/га відповідно до попередників. Після соняшника найвищу урожайність отримано при підживленні у дозі N_{30} , яка у 2021 р. та 2024 р. становила відповідно 6,93 т/га та 3,40 т/га. У 2022 р. найбільшу врожайність – 3,72 т/га було одержано за дози азоту N_{60} .

Проведений статистичний аналіз свідчить, що в середньому за роки дослідження найбільш оптимальною дозою азоту при підживленні після чорного пару та гороху для формування найбільшої урожайності була N_{30} з надбавками до контролю 8 % і 11 % відповідно. Натомість, після соняшника агрономічно доцільною була доза N_{60} , де надбавка до контролю становила 47 %. Подальше підвищення доз азоту після досліджуваних попередників не призводило до істотного збільшення рівня урожайності, що може бути використано при плануванні підживлення пшениці м'якої озимої (див. додаток А.1–А.3, табл. 4.1) [170].

За результатами факторіального аналізу встановлено, що найбільше на формування врожайності зерна пшениці м'якої озимої впливав фактор «Рік», доля якого в загальній дисперсії складала 86%. Частка впливу фактора «Попередник» складала 8%. Взаємодія таких факторів як «Рік» та «Попередник» на урожайність впливала на 3%, а взаємодія «Попередник» і «Доза» – на 1%. Від інших взаємодій факторів урожайність залежала менше ніж на 1%.

Таким чином, для зменшення негативного впливу умов року вирощування необхідно ретельно підбирати дозу підживлення пшениці м'якої озимої після різних попередників з урахуванням сукупної взаємодії цих факторів (рис. 4.1).

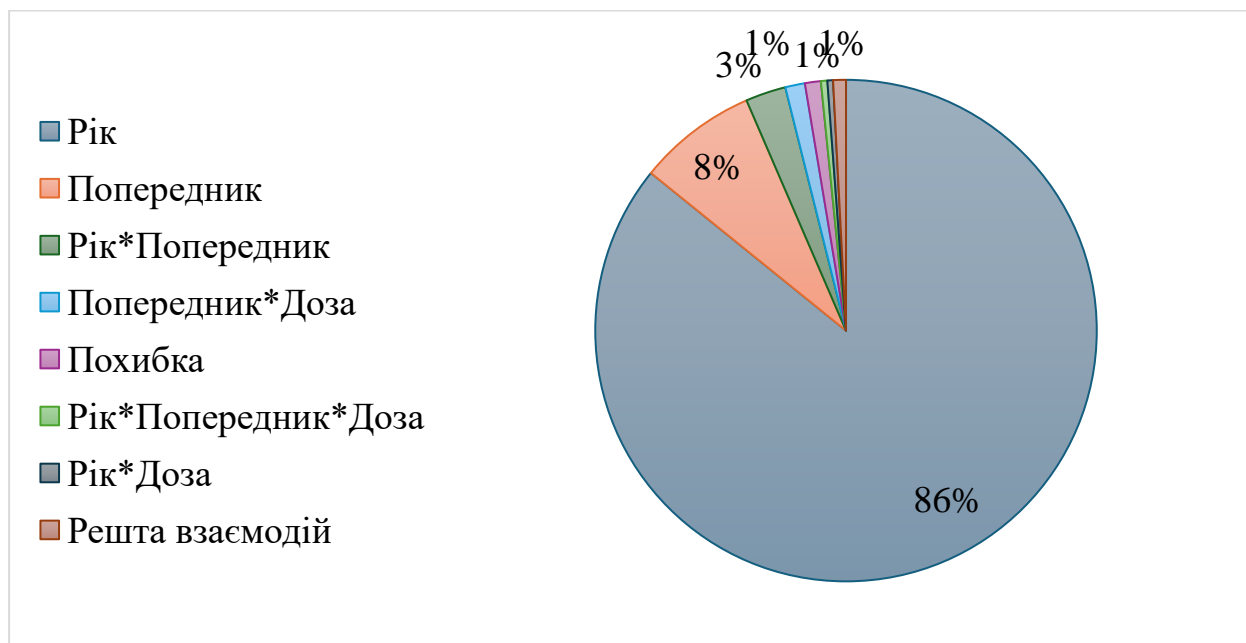


Рис. 4.1 Частка впливу основних факторів на варіацію урожайності пшениці озимої залежно від строку підживлення аміачною селітрою та попередників, %

Протягом 2020–2024 рр. вивчали реакцію пшениці озимої на строки внесення прикореневого азотного підживлення після попередників чорний пар, горох та соняшник. Після чорного пару, незалежно від року, істотної різниці між строками підживлення не було, надбавки урожайності до контролю без добрив коливалися в межах 3–10% за весь період дослідження (табл. 4.2).

Найменшу відгукуваність на внесення азоту в середньому по строках і дозах при підживленні зафіксовано у вегетаційний період пшениці 2020/2021 рр. (ГТК=0,5), де надбавка урожайності становила 0,23 т/га. Натомість, найбільшу відгукуваність на внесення азоту отримали у 2021/2022 рр. (ГТК=1), де надбавка була 0,34 т/га. Вегетаційний період 2023/2024 рр. займав проміжне значення як за ГТК (0,7), так і за надбавкою урожайності до контролю – 0,19 т/га. Загалом за всі роки дослідження надбавка до контролю була в діапазоні від 2,4% до 3,7%. Таким чином, реакція пшениці м'якої озимої на строк підживлення повністю залежала від зволоженості року (ГТК), та сформувала максимальний рівень урожайності та надбавки у найбільш зволожені роки дослідження. В середньому

за 2021–2024 рр. істотної різниці між строками підживлення не було, що підтверджується статистичним аналізом (додаток А.1, див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від строку підживлення
аміачною селітрою та попередників, середнє по дозах підживлення,
т/га, 2021–2024 рр.**

Строк (А)	Рік (С)			Середнє	Надбавка до контролю, т/га	Надбавка до контролю, %
	2021	2022	2024			
Попередник чорний пар (В)						
контроль (без добрив)	7,69	4,22	3,31	5,16	—	—
осінь	7,95	4,47	3,43	5,28	0,12	2
весна	7,92	4,58	3,55	5,35	0,19	4
осінь+весна	7,89	4,64	3,51	5,35	0,19	4
середнє	7,92	4,56	3,50	5,33	0,17	3
НІР 0,5	А–0,13; В–0,12; С–0,12; АВ–0,23; АС–0,23; ВС–0,20; АВС–0,40					
Попередник горох (В)						
контроль (без добрив)	7,34	5,04	3,52	5,30	—	—
осінь	7,67	5,35	3,81	5,61	0,31	6
весна	7,74	5,54	3,91	5,73	0,43	8
осінь+весна	7,64	5,29	3,97	5,63	0,33	6
середнє	7,68	5,39	3,90	5,66	0,36	7
НІР 0,5	А–0,09; В–0,08; С–0,08; АВ–0,16; АС–0,16; ВС–0,14; АВС–0,28					
Попередник соняшник (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	6,67	3,15	3,40	4,41	1,32	43
весна	6,73	3,57	2,90	4,40	1,31	42
осінь+весна	6,65	3,62	3,22	4,49	1,40	46
середнє	6,68	3,45	3,17	4,43	1,34	44
НІР 0,5	А–0,13; В–0,11; С–0,11; АВ–0,22; АС–0,22; ВС–0,19; АВС–0,38					
Середнє по попередникам (В)						
контроль (без добрив)	6,67	3,73	3,16	4,52	—	—
осінь	7,43	4,32	3,55	5,10	0,58	17
весна	7,46	4,56	3,45	5,16	0,64	18
осінь+весна	7,39	4,52	3,57	5,16	0,64	19
середнє	7,43	4,47	3,52	5,14	0,62	18
НІР 0,5	А–0,11; В–0,10; С–0,10; АВ–0,21; АС–0,21; ВС–0,18; АВС–0,36					

Після попередника горох, незалежно від року дослідження, в середньому по дозах підживлення різниці між строками внесення азоту для формування урожайності пшениці м'якої озимої не було. Найбільшу надбавку урожайності до контролю (без добрив) в середньому по строках та дозах при підживленні рослини пшениці сформували у 2024 р. – 0,38 т/га, а найменшу (0,34 т/га) – у 2021 р. В середньому за три роки різниці в урожайності між строками внесення азоту не було, що свідчить про рівнозначність строків підживлення після гороху незалежно від року дослідження (додаток А.2, див. табл. 4.2).

На відміну від попередників чорний пар і горох, після соняшника пшениця м'яка озима формувала значно більший рівень надбавки до контролю (без добрив) під впливом азотного підживлення у різні строки. Так, період вегетації 2020/2021 рр. (ГТК 0,5) характеризувався рівноцінністю строків підживлення в середньому по дозах та строках, надбавка до контролю в цей рік становила 1,71 т/га. Натомість, вегетаційний період 2021/2022 рр. суттєво відрізнявся від попереднього, тут за ефективністю істотно переважали весняний та осінньо-весняний строки підживлення, де надбавки до контролю були 1,65 т/га і 1,7 т/га відповідно. За осіннього строку підживлення пшениця сформувала найменшу урожайність порівняно з іншими строками – 3,15 т/га з надбавкою до контролю 1,23 т/га. Загалом вегетаційний період 2021/2022 рр. відрізнявся найбільшою зволоженістю, за вересень – жовтень ГТК становив 1,1, а за квітень липень – 1,2. Таким чином, навіть за майже однакової зволоженості під час різних періодів внесення азоту, пшениця озима краще реагувала на весняне та осінньо-весняне підживлення. В середньому по дозах та строках підживлення рослинами пшениці було сформовано 1,53 т/га надбавки до контролю.

Протягом 2023/2024 рр. пшениця м'яка озима сформувала найбільшу урожайність – 3,40 т/га після осіннього внесення азоту з надбавкою у 1,01 т/га, що обумовлене високою зволоженістю в період вересня – жовтня (ГТК–1,7).

Найнижчу надбавку отримали після весняного підживлення, яка становила 0,51 т/га, що обумовлене дуже посушливим періодом квітня – липня (ГТК–0,4).

Урожайність пшениці після осінньо-весняного підживлення займала проміжне значення, – тут надбавка складала 0,83 т/га (додаток А.3, див. табл. 4.2).

Встановлено, що найкращим попередником для пшениці озимої був горох, який в середньому за роки досліджень забезпечив урожайність 5,66 т/га. За вирощування пшениці м'якої озимої після попередника чорний пар середня урожайність в середньому по дозах та строках азотного підживлення знижувалася на 0,33 т/га порівняно з попередником горох та становила 5,33 т/га. Після соняшника урожайність пшениці в середньому по дозах та строках підживлення становила 4,43 т/га, що менше порівняно з попередником горох на 1,23 т/га.

В середньому за попередниками за всі роки дослідження різниці між строками та дозами при азотному підживленні не було. Так, отримані середні дані за 2021–2024 рр. свідчать про неістотну різницю між дозами підживлення, де урожайність пшениці м'якої озимої становила від 5,09 т/га при N_{120} до 5,21 т/га при N_{60} . Між строками підживлення також істотної різниці не зафіксовано, тут урожайність коливалася в межах між 5,10 т/га при осінньому підживленні і 5,16 т/га при весняному і осінньо-весняному внесенні азоту (див. табл. 4.1; 4.2).

Встановлено, що урожайність пшениці найбільше залежала від зволоженості місяця під час підживлення після соняшника. Також треба зазначити, що після соняшника у якості попередника була зафіксована найвища чутливість пшениці м'якої озимої до азотного підживлення. Горох мав найменшу чутливість за роки дослідження, так як незалежно від року дослідження, різниці між строками підживлення для урожайності отримано не було, а максимальну надбавку отримали у помірно посушливих умовах (ГТК 0,7). Чорний пар займав проміжне значення, тут пшениця м'яка озима також суттєво залежала від умов зволоженості вегетаційного періоду (див. дод. В1–В3, табл. 4.1; 4.2).

Отримані результати узгоджуються з даними виробничої практики та свідчать про ефективність елементів технології вирощування пшениці м'якої озимої в реальних умовах господарств (додаток Е.1–Е.5, Е.7).

4.2. Ефективність різних видів та доз азотних добрив залежно від строку їх внесення

Протягом 2020–2024 рр. досліджували ефективність різних видів азотних добрив (аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію) при підживленні пшениці озимої залежно від дози та строку внесення добрив після попередника соняшник.

Для кожного виду добрив вивчали чотири дози внесення: N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120} . Також досліджували три строки удобрення: навесні, восени та комбінований строк, коли половину дози удобрення вносили восени, а іншу половину – навесні.

Рівень надбавок врожайності від азотного підживлення аміачною селітрою пшениці озимої після соняшника значною мірою залежав від року вирощування: у 2020/2021 рр. осінній (ГТК–0,4) та весняно-літній (ГТК–0,7) вегетаційні періоди були посушливими, що фактично прирівняло всі строки підживлення в середньому по дозах, де надбавки були від 1,70 т/га при осінньому підживленні до 1,76 т/га при весняному. Наступний вегетаційний сезон 2021/2022 рр. пшениці м'якої озимої виявився найбільш збалансованим за рівнем ГТК у осінній і весняно-літній періоди (ГТК від 1,1 до 1,2) що сприяло більш ефективному використанню азотних добрив при весняному і осінньо-весняному строку підживлення, найбільші прибавки в середньому по дозах внесення азоту отримано 1,65 т/га і 1,70 т/га відповідно, при осінньому строку підживлення – 1,23 т/га надбавки до контролю. Останній сезон досліджень 2023/2024 рр. відрізнявся дуже вологими умовами вересня та жовтня (ГТК–1,7) і посушливим вегетаційним періодом квітня-липня (ГТК–0,4), що спричинило підвищення ефективності азотних добрив при осінньому строку підживлення – надбавки становили 2,02 т/га до контролю (без добрив) у порівнянні із весняним та осінньо-весняним строком, та відповідно 0,51 т/га і 0,83 т/га в середньому по дозах підживлення (додаток А.3).

Усереднені за три роки результати досліджень свідчать про те, що в середньому по дозах внесення азоту, строк підживлення не мав значення при

використанні аміачної селітри після попередника соняшник. Різниця надбавок між строками внесення азоту була не істотна, на рівні 2–3 %.

При підживленні карбамідом у різні строки, мінливі погодні умови років дослідження по іншому вплинули на врожайність пшениці м'якої озимої. Так у вегетаційний період 2020/2021 рр. різниці між строками підживлення в середньому по дозах не виявлено, надбавки до контролю становили від 1,82 т/га за весняного внесення азоту до 1,90 т/га при осінньо-весняному підживленні карбамідом (табл. 4.3).

У 2021/2022 рр. найкращі результати були отримані на фоні підживлення карбамідом в осінній та осінньо-весняний строки – прибавки становили відповідно 1,28 т/га і 1,24 т/га до контролю (1,92 т/га).

Останній рік дослідження 2023/2024 рр. суттєво відрізнявся від попередніх: серед трьох строків підживлення, як і при підживленні аміачною селітрою, виділився саме осінній, де надбавка до контролю (4,39 т/га) становила 0,81 т/га (додаток Б.1).

Усереднені дані за три роки досліджень свідчать, що найвищі результати в середньому по дозах були отримані при підживленні карбамідом восени та у осінньо-весняний строк, де врожайність та надбавка до контролю (3,09 т/га) становили відповідно 4,33 т/га та 1,24 т/га і 4,23 т/га та 1,14 т/га.

За підживлення сульфатом амонію, в перший рік дослідження 2020/2021 рр. за рахунок більш вологого весняно-літнього періоду у порівнянні з осіннім, найкращі результати в середньому по дозах підживлення одержали після внесення добрива у весняний та осінньо-весняний строк, де урожайність становила 7,10 т/га і 6,86 т/га з надбавками до контролю 2,13 т/га і 1,89 т/га відповідно до строків.

Більш збалансований по зволоженості 2021/2022 рр. посприяв кращому засвоєнню сульфату амонію також у строки весна та осінь + весна (додаток Б.1; див. табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від умов року вирощування
та строку азотного підживлення різними добривами,
середнє по дозах азоту, т/га, 2021–2024 рр.**

Строк (В)	Рік (С)				Надбавка до контролю	
	2021	2022	2024	Середнє	т/га	%
Аміачна селітра (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	6,67	3,15	3,40	4,41	1,32	43
весна	6,73	3,57	2,90	4,40	1,31	42
осінь+весна	6,65	3,62	3,22	4,49	1,40	46
середнє	6,68	3,45	3,17	4,43	1,34	44
НІР _{0,5}	А–0,13; В–0,11; С–0,11; АВ–0,22; АС–0,22; ВС–0,19; АВС–0,38					
Карбамід (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	6,89	3,20	3,20	4,33	1,24	40
весна	6,79	3,07	2,50	4,03	0,94	30
осінь+весна	6,87	3,16	2,90	4,23	1,14	37
середнє	6,85	3,14	2,87	4,19	1,10	36
НІР _{0,5}	А–0,10; В–0,0,9; С–0,09; АВ–0,17; АС–0,17; ВС–0,15; АВС–0,30					
Сульфат амонію (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	6,61	3,23	2,86	4,15	1,06	34
весна	7,10	3,41	43	4,07	0,98	32
осінь+весна	6,86	3,67	38	4,38	1,29	42
середнє	6,86	3,44	27,83	4,20	1,11	36
НІР _{0,5}	А–0,17; В–0,14; С–0,14; АВ–0,29; АС–0,29; ВС–0,25; АВС–0,50					
Середнє по добривах (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	6,72	3,19	3,15	4,30	1,21	39
весна	6,88	3,35	16,05	4,17	1,08	35
осінь+весна	6,79	3,49	14,66	4,37	1,28	41
середнє	6,80	3,34	11,29	4,28	1,19	38
НІР _{0,5}	А–0,14; В–0,11; С–0,11; АВ–0,24; АС–0,24; ВС–0,22; АВС–0,36					

Так, врожайність за весняного підживлення становила 3,41 т/га з надбавкою у 1,49 т/га до контролю (1,92 т/га), а за осінньо-весняного строку урожайність становила 3,67 т/га з надбавкою 1,75 т/га.

Заключний вегетаційний період дослідження 2023/2024 рр. пшениці м'якої озимої кардинально відрізнявся від попередніх років. Велика кількість опадів восени – 230,5 мм за період з вересня по листопад за багаторічної норми 125,7 мм, посприяла підвищенню ефективності сульфату амонію при підживленні в цей строк, за якого урожайність становила 2,86 т/га з надбавкою до контролю (без добрив) 0,47 т/га. Весняний строк підживлення спричинив зменшення урожайності порівняно із контролем майже на 5 %, що пов'язано з посушливими умовами весняно-літнього періоду (додаток Б.2).

В середньому за роки досліджень, найбільшою урожайністю виділився осінньо-весняний строк підживлення в середньому по всіх чотирьох дозах азоту, де урожайність пшениці становила 4,38 т/га з надбавкою до контролю 42%. Осінній та весняний строки підживлення мали урожайність майже на одному рівні – відповідно 4,15 т/га і 4,07 т/га (див. табл. 4.3).

Встановлено, що мінливі погодні умови різних років дослідження по різному впливали на врожайність пшениці м'якої озимої при підживленні аміачною селітрою. Так, два вегетаційних періоди 2020/2021 рр. і 2021/2022 рр. завдяки більшій кількості опадів (річні ГТК 0,5 і 1,0 відповідно) були схожими, де найбільші надбавки в середньому по строках внесення аміачної селітри були після підживлення у дозі N_{60} – 1,8 т/га для обох досліджуваних вегетаційних сезонів; подальше збільшення дози азоту не спричиняло істотного підвищення урожайності. Посушливі умови вегетаційного періоду у 2023/2024 рр. (річне ГТК–0,7) спричинили підвищену потребу пшениці в азоті, тому максимальна надбавка до контролю отримана після підживлення аміачною селітрою у дозі N_{120} – 1,01 т/га (див. табл. 4.3; додаток А.3).

В середньому за роки досліджень на фоні підживлення аміачною селітрою, найвища надбавка до контролю була отримана за максимальної дози

підживлення – N_{120} (51 %), але збільшення дози азоту після N_{60} було агрономічно не доцільне, – тут урожайність і надбавка становили 4,6 т/га і 47 % відповідно.

Мінливі умови років дослідження дозволили всебічно оцінити вплив різних доз азоту при підживленні карбамідом. Так, у 2020/2021 рр. найбільші показники врожайності та надбавки в середньому по строках внесення азоту отримані при підживленні у дозі N_{120} – 6,86 т/га і 1,89 т/га відповідно, але оптимальною дозою була N_{90} , де врожайність і надбавка до контролю становили відповідно 6,73 т/га і 1,76 т/га. Подальше збільшення дози карбаміду змінювало рівень врожайності не істотно. Наступний сезон 2021/2022 рр. дослідження відрізнявся від попереднього більшою зволоженістю (ГТК–1), тут оптимальна доза при азотному підживленні становила N_{60} з врожайністю 3,33 т/га і надбавкою до контролю у 1,41 т/га. Подальше збільшення дози карбаміду спричиняло зменшення урожайності пшениці озимої (табл. 4.4).

У сезоні 2023/2024 рр. з найбільш вологою осінню (ГТК–1,7) та найсухішим весняно-літнім періодом (ГТК–0,4) найкращий результат одержали за підживлення у дозі N_{120} , де врожайність була 4,41 т/га з надбавкою у 0,66 т/га до контролю, але оптимальна доза при внесенні карбаміду для формування урожайності становила N_{90} – 2,95 т/га і 0,56 т/га надбавки до контролю.

Загалом за три роки досліджень встановлено, що найбільш ефективним в середньому по строках підживлення було внесення карбаміду в дозі N_{60} , де урожайність і надбавка до неудобрюваного контролю становили відповідно 4,25 т/га і 38 % (див. табл. 4.4, додаток Б.1).

При використанні сульфату амонію у якості азотного добрива для підживлення, у вегетаційному періоді 2020/2021 рр. найбільшу врожайність було отримано після його внесення в дозі N_{90} – 6,73 т/га з надбавкою до контролю 1,76 т/га. Подальше збільшення дози азоту до N_{120} при підживленні в цей сезон спричиняло зменшення урожайності пшениці м'якої озимої. У 2021/2022 рр., так само як і в попередній рік, найкраще спрацювала доза N_{90} , за якої урожайність становила 3,83 т/га, а надбавка 1,91 т/га до контролю (див. табл. 4.4, додаток Б.2).

Таблиця 4.4

**Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від умов року вирощування
та дози азотного підживлення різними добривами, середнє по строках
внесення азоту, т/га, 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Рік (С)				Надбавка до контролю	
	2021	2022	2024	Середнє	т/га	%
Аміачна селітра (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
N ₃₀	6,26	2,80	2,85	3,97	0,88	29
N ₆₀	6,77	3,72	3,18	4,56	1,47	47
N ₉₀	6,76	3,64	3,26	4,55	1,46	47
N ₁₂₀	6,93	3,63	3,40	4,65	1,56	51
середнє	6,68	3,45	3,17	4,43	1,34	44
НІР _{0,5}	А-0,13; В-0,11; С-0,11; АВ-0,22; АС-0,22; ВС-0,19; АВС-0,38					
Карбамід (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
N ₃₀	6,14	2,80	2,64	3,86	0,77	25
N ₆₀	6,58	3,33	2,83	4,25	1,16	38
N ₉₀	6,73	3,12	2,95	4,26	1,17	38
N ₁₂₀	6,86	3,32	3,05	4,41	1,32	43
середнє	6,58	3,14	2,87	4,19	1,10	36
НІР _{0,5}	А-0,10; В-0,0,9; С-0,09; АВ-0,17; АС-0,17; ВС-0,15; АВС-0,30					
Сульфат амонію (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
N ₃₀	6,20	3,76	2,48	4,15	1,05	34
N ₆₀	6,62	2,68	2,69	4,00	0,91	29
N ₉₀	6,73	3,83	2,69	4,42	1,33	43
N ₁₂₀	6,61	3,47	2,66	4,25	1,16	37
середнє	6,54	3,44	2,63	4,20	1,11	36
НІР _{0,5}	А-0,17; В-0,14; С-0,14; АВ-0,29; АС-0,29; ВС-0,25; АВС-0,50					
Середнє по добривах (В)						
контроль (без добрив)	4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
N ₃₀	6,20	3,12	2,65	3,99	0,90	29
N ₆₀	6,66	3,24	2,90	4,27	1,18	38
N ₉₀	6,74	3,53	2,97	4,41	1,32	43
N ₁₂₀	6,80	3,47	3,04	4,44	1,35	44
середнє	6,60	3,34	2,89	4,28	1,19	38
НІР _{0,5}	А-0,14; В-0,11; С-0,11; АВ-0,24; АС-0,24; ВС-0,22; АВС-0,36					

У вегетаційний період 2023/2024 рр. найбільшу ефективність одержано за підживлення сульфатом амонію у дозі N_{60} , де урожайність і надбавка до неудобрюваного контролю в середньому по строках внесення становили відповідно 2,69 т/га і 0,30 т/га, а при збільшенні дози до N_{90} та N_{120} урожайність істотно не відрізнялася від дози N_{60} .

У середньому за роки дослідження найбільшу урожайність та прибавку до неудобрюваного контролю було отримано після підживлення сульфатом амонію у дозі N_{90} – 4,42 т/га і 43 % відповідно. Як і при використанні карбаміду, після використання сульфату амонію в якості азотного добрива, зі збільшенням дози азоту до N_{120} врожайність істотно не змінювалася (див. табл. 4.4; додаток Б.2). Ефективність досліджуваних елементів технології була підтверджена в умовах виробничої практики (додаток Е.6).

Отже, усереднені дані по всіх добривах свідчать, що найбільша урожайність за роки дослідження формувалася після підживлення у дозі N_{60} – надбавка 38 % до контролю (3,09 т/га), серед строків підживлення найкращі результати отримали за осіннього та осінньо-весняного внесення азоту: 39 % і 41 % надбавки відповідно.

Серед усіх досліджуваних добрив, найбільшою урожайністю і надбавкою характеризувалася аміачна селітра – 4,43 т/га та 44 % відповідно, що пояснюється тим, що це добриво легко розчиняється і здатне максимально використовуватися рослиною пшениці м'якої озимої під час вегетації завдяки поєднанню нітратної та амонійної форм азоту. Карбамід також легко розчиняється, але не здатен поглинатися рослиною одразу під час підживлення поки не перейде у доступну амонійну форму, після підживлення цим азотним добривом урожайність в середньому по роках, дозах та строках становила 4,19 т/га з надбавкою до врожайності у 36%. Серед усіх досліджуваних добрив сульфат амонію має найгіршу розчинність у ґрунті, тому, як і карбамід, поглинається рослинами пізніше, особливо в посушливих умовах, і не може задовільнити потреби пшениці у азоті одразу після підживлення. Через це урожайність і надбавка до контролю після внесення цього добрива були

меншими порівняно з аміачною селітрою та карбамідом і становили відповідно 4,20 т/га і 36 %. Таким чином, для всіх трьох досліджуваних добрив найбільш агрономічно доцільним було використання при підживленні дози добрив N_{60} внесених в осінній та весняний періоди вегетації, при цьому для селітри всі три строки підживлення мали не істотну різницю у врожайності (див. табл. 4.3, 4.4).

Отримані результати підтверджуються багатьма польовими дослідями [171], де було показано, що нітратний азот та комбінація амонійного з нітратним суттєво підвищували врожайність пшениці та прибавки урожайності порівняно з чистим амонійним азотом. За порівняння середніх значень врожайності та її прибавок для різних форм азоту найвищі показники були у нітратного азоту, далі – у суміші, а найнижчі – у амонійної форми.

Встановлено, що у середньому за роки досліджень частка впливу фактору року на формування врожайності пшениці озимої після попередника соняшник становила 93 %, а дози добрива при підживленні – 1 % (див. рис. 4.2).

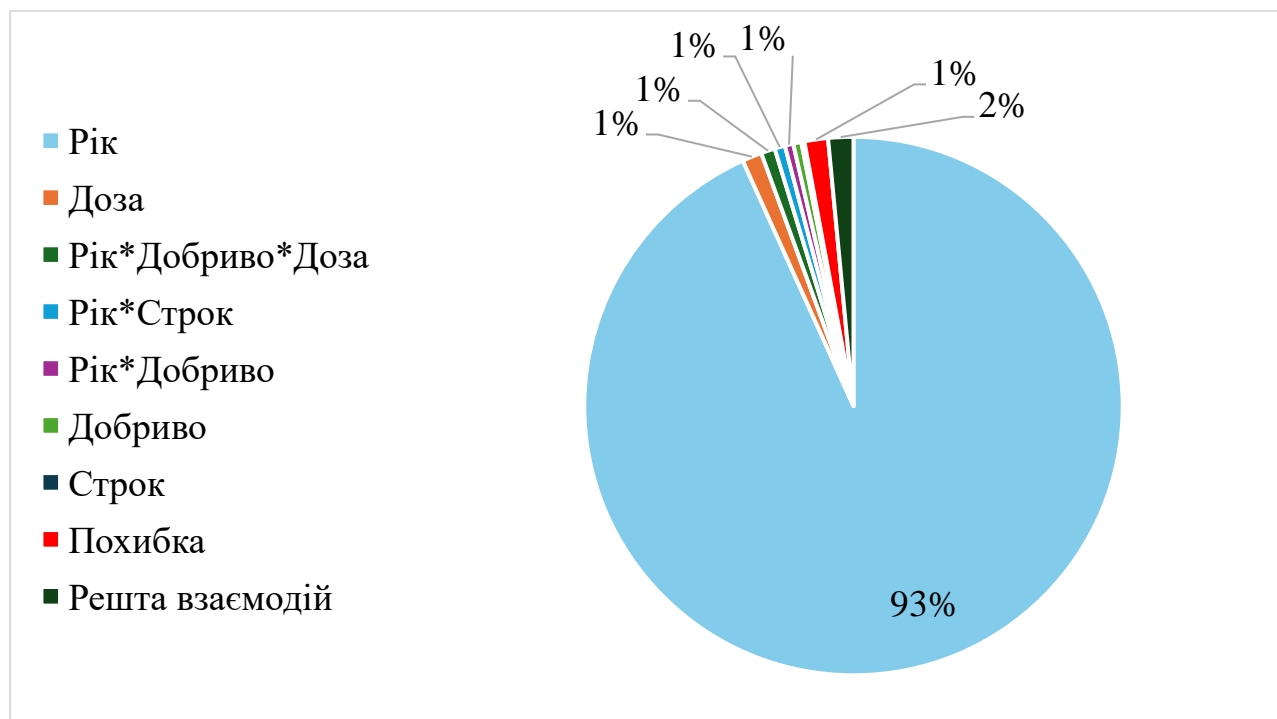


Рис. 4.2 – Частка впливу основних чинників на варіацію урожайності пшениці озимої залежно від умов року вирощування та дози азотного підживлення різними добривами, %.

4.3. Ефективність доз азотного підживлення залежно від фенологічної фази рослин

Метою досліджень було визначення оптимальної фенологічної фази для довесняного азотного підживлення аміачною селітрою пшениці озимої для забезпечення найвищої урожайності залежно від дози азоту після попередника соняшник. Протягом вегетаційного періоду 2020/2021 рр. досліджень було встановлено чітке зростання урожайності при підвищенні дози азоту від N_{30} до N_{120} за низької зволоженості цього вегетаційного періоду (ГТК–0,5). Так, в середньому по дозах підживлення надбавки до контролю без добрив становили 0,97–2,66 т/га. Незважаючи на низький ГТК (0,4) періоду вересня-жовтня, різниці між фенологічними фазами підживлення в середньому по дозах внесення азоту не було, надбавки становили 1,79–1,98 т/га. Вегетаційний період 2021/2022 рр. характеризувався більшим рівнем зволоженості (ГТК–1), що істотно вплинуло на формування урожайності пшениці м'якої озимої під дією підживлення з різними дозами аміачної селітри у різні фенологічні фази пшениці м'якої озимої (табл.4.5).

Так, в середньому по дозах підживлення, найбільшу врожайність одержано після внесення азоту у фазу 2–3 листків пшениці з надбавкою 1,06 т/га. Урожайність в середньому за строками підживлення також істотно зростала з підвищенням дози азоту з 2,41 т/га за N_{30} до 3,06 т/га – за N_{90} , утім подальше збільшення дози аміачної селітри суттєво не вплинуло на урожайність, що підтверджується статистичним аналізом. Період вегетації 2023/2024 рр. пшениці м'якої озимої займав проміжне положення за рівнем зволоженості між попередніми роками дослідження (ГТК–0,7). Так, в межах кожної дози N_{30} – N_{120} , осіннє підживлення у будь яку фенологічну фазу (під час сівби, проростки, 2–3 листа) сприяло отриманню більшої врожайності ніж після підживлення по мерзлоталому ґрунту, що обумовлено високим рівнем зволоженості у вереснево-жовтневий період (ГТК–1,7) порівняно з посушливим квітнево-липневим періодом (ГТК–0,4) (див. табл. 4.5) [172].

Таблиця 4.5

Урожайність пшениці озимої залежно від строків та доз довесняного азотного підживлення після попередника соняшник, т/га, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Фаза/строк внесення (В)	Рік (С)			Середнє	Надбавка до контролю	
		2021	2022	2024			
контроль (без добрив)		4,16	1,92	2,42	2,83	т/Га	%
N ₃₀	під час сівби	5,16	2,11	3,11	3,46	0,63	22
	проростки	5,14	2,40	3,06	3,53	0,70	25
	2-3 листка	5,07	2,72	3,09	3,63	0,80	28
	мерзлоталий	5,15	2,47	2,91	3,51	0,68	24
	середнє	5,13	2,41	3,04	3,53	0,70	25
N ₆₀	під час сівби	5,76	2,59	3,44	3,93	1,10	39
	проростки	5,99	2,61	3,33	3,98	1,15	41
	2-3 листка	5,78	3,16	3,41	4,12	1,29	46
	мерзлоталий	5,92	2,82	3,24	3,99	1,16	41
	середнє	5,86	2,79	3,36	4,01	1,18	42
N ₉₀	під час сівби	6,13	3,04	3,64	4,27	1,44	51
	проростки	6,48	3,01	3,68	4,39	1,56	55
	2-3 листка	6,58	3,12	3,55	4,42	1,59	56
	мерзлоталий	6,50	3,06	3,36	4,31	1,48	52
	середнє	6,42	3,06	3,56	4,35	1,52	54
N ₁₂₀	під час сівби	6,76	3,05	3,79	4,53	1,70	60
	проростки	6,67	3,17	3,65	4,50	1,67	59
	2-3 листка	6,89	3,12	3,57	4,52	1,69	60
	мерзлоталий	6,98	3,13	3,57	4,56	1,73	61
	середнє	6,82	3,12	3,65	4,53	1,70	60
середнє	під час сівби	5,95	2,70	3,49	4,05	1,22	43
	проростки	6,07	2,80	3,43	4,10	1,27	45
	2-3 листка	6,08	3,03	3,40	4,17	1,34	47
	мерзлоталий	6,14	2,87	3,27	4,09	1,26	45
	середня	6,06	2,85	3,40	4,10	1,27	45
НІР _{0,5}	А–0,21; В–0,12; С–0,24; АВ–0,36; ВС–0,39; АС–0,44; АВС–0,75						

В середньому по дозах, різниці між різними фазами за осіннього підживленням не було, надбавки до контролю без добрив були в межах 0,98–1,07 т/га порівняно з внесенням азоту по мерзлоталому ґрунту, де надбавка становила 0,85 т/га. Як і у попередньому році, в середньому по фазах/строках підживлення, підвищення дози азоту після N₉₀ було недоцільним, оскільки

урожайність підвищувалася не істотно. Середні дані за три роки досліджень свідчать, що урожайність пшениці м'якої озимої стабільно зростала із підвищенням дози азоту від N_{30} до N_{120} , в середньому по фазах/строках підживлення надбавки до контролю складали 25 % (N_{30}) – 60 % (N_{120}), а в середньому по дозах істотної різниці між фазами внесення азоту не було, тут надбавки були в межах від 43% (під час сівби) до 47% (2–3 листка). Таким чином, встановлено, що після соняшника за використання аміачної селітри урожайність залежала більше від дози азотного підживлення, ніж від фази/строку внесення азоту (див. табл. 4.5).

Також встановлено, що у середньому за роки досліджень частка впливу фактору року на формування врожайності пшениці озимої після попередника соняшник становила 89 %, а дози добрива при підживленні – 7 %, взаємодія року з дозою – 2% (рис. 4.3).

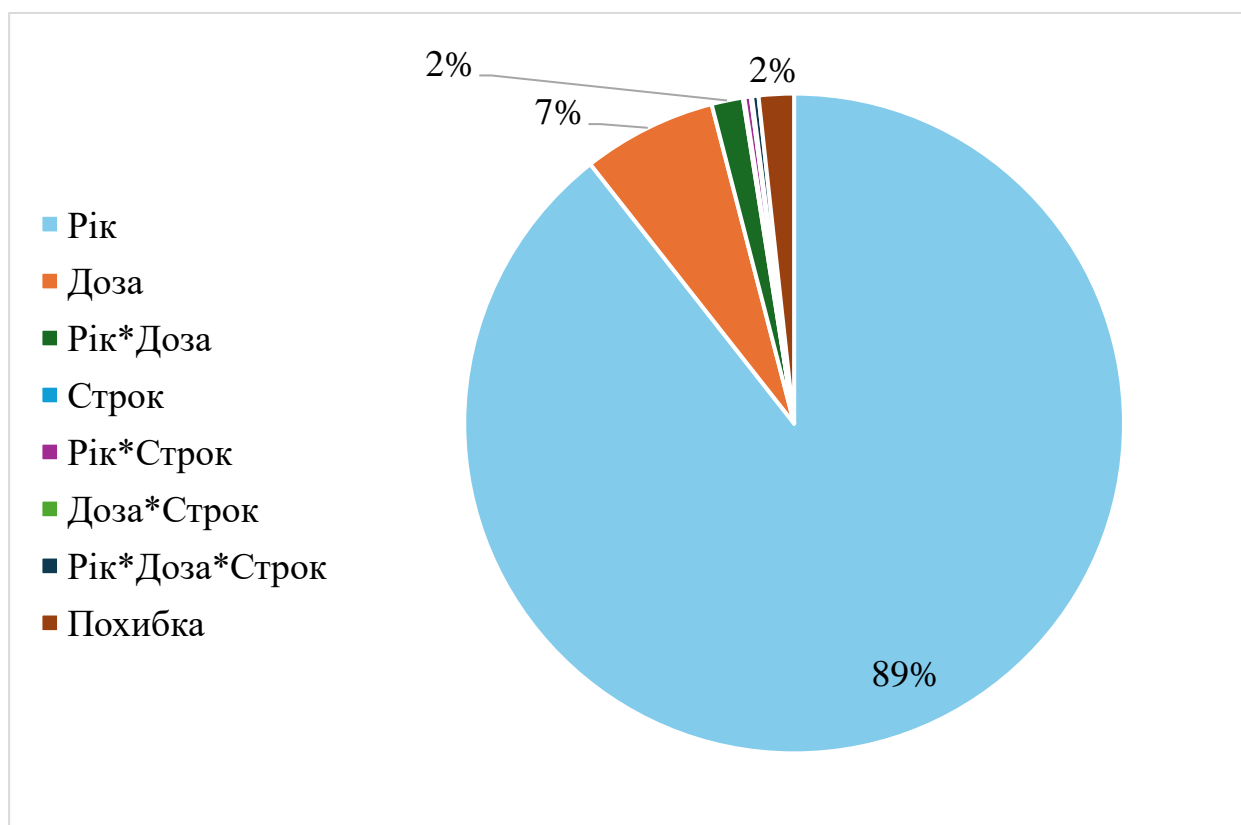


Рис. 4.3 – Частка впливу основних чинників на варіацію урожайності пшениці озимої залежно від строків та доз довесняного азотного підживлення після попередника соняшник, %

4.4. Вплив способів азотного підживлення залежно від строку їх внесення на врожайність пшениці озимої

Дослідження проводили протягом 2020–2024 рр., де вивчали формування врожайності залежно від способу та строку внесення на фоні азотного підживлення у дозі N_{60} трьома різними добривами: аміачною селітрою, карбамідом, сульфатом амонію. Досліджували два способи підживлення за дози N_{60} : 1 – врозкид, 2 – сівалкою та три строки внесення добрив: восени, навесні і восени + навесні аміачною селітрою, карбамідом та сульфатом амонію.

За підживлення аміачною селітрою найбільша урожайність у вологі весняно-літні періоди 2021 рр. та 2022 рр. (ГТК 0,7 і 1,2) отримана за внесення добрив сівалкою навесні – 7,15 т/га і 3,67 т/га відповідно. В середньому по способах внесення азоту, у 2020/2021 рр. найбільша надбавка до контролю без добрив була отримана при весняному підживленні – 2,07 т/га, тоді як урожайність після осіннього та осінньо-весняного підживлення була на одному рівні, без істотної різниці (табл. 4.6).

Так само і у 2021/2022 рр. максимальна урожайність і надбавка до контролю (1,92 т/га) в середньому по способах внесення азоту була після весняного підживлення – 1,65 т/га, але з істотною різницею між осіннім і осінньо-весняним строком підживлення, де надбавки становили 1,11 т/га і 1,28 т/га відповідно. Така різниця обумовлена нерівнозначністю опадів у різні строки підживлення, де за вологих умов осіннього і осінньо-весняного підживлень більша врожайність була одержана саме за участю половинної дози азоту, внесеного у весняний період. У 2023/2024 рр. з вологим осіннім періодом (ГТК 1,7) і посушливим весняно-літнім (ГТК 0,4) найбільш урожайним був осінній строк підживлення врозкид – 3,43 т/га. Так само і в середньому по способах внесення азоту, максимальна урожайність була після осіннього строку підживлення – 0,98 т/га надбавки до контролю без добрив (2,39 т/га). Найбільша урожайність в середньому за досліджувані роки отримана при підживленні сівалкою навесні – 4,57 т/га з надбавкою до контролю 1,48 т/га (див. табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Урожайність пшениці озимої залежно від строку та способу азотного підживлення аміачною селітрою у дозі N₆₀ після попередника соняшник, т/га, 2021–2024 рр.

Строк (А)	Спосіб внесення (В)	Рік (С)			Середнє	Надбавка до контролю	
		2021	2022	2024		т/га	%
контроль (без добрив)		4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	врозкид	6,71	3,06	3,43	4,40	1,31	42
	сівалкою	6,32	2,99	3,31	4,21	1,12	36
	середнє	6,52	3,03	3,37	4,30	1,21	39
весна	врозкид	6,92	3,48	2,87	4,42	1,33	43
	сівалкою	7,15	3,67	2,89	4,57	1,48	48
	середнє	7,04	3,57	2,88	4,50	1,41	46
осінь + весна	врозкид	6,69	3,30	3,23	4,41	1,32	43
	сівалкою	6,45	3,11	3,16	4,24	1,15	37
	середнє	6,57	3,20	3,20	4,32	1,23	40
середнє	врозкид	6,77	3,28	3,18	4,41	1,32	43
	сівалкою	6,64	3,25	3,12	4,34	1,25	40
	середнє	6,71	3,27	3,15	4,37	1,28	42
НІР _{0,5}	А–0,21; В–0,19; С–0,19; АВ–0,41; АС–0,41; ВС–0,38; АВС–0,58						

В середньому по способах внесення аміачної селітри, незалежно від строку, істотної різниці не було: за розкидного способу підживлення отримано 40 % прибавки до контролю, а з використанням сівалки – 43 %.

Незалежно від способу внесення, осінній і осінньо-весняний строк підживлення був приблизно на одному рівні – відповідно 39 % і 40 % прибавки до контролю по урожайності. При підживленні весною середня за способами внесення аміачної селітри урожайність була найбільша – 46% надбавки до контролю (див. табл. 4.6).

На фоні підживлення карбамідом найбільша урожайність у 2021 р. та 2022 р. була за внесення азоту в осінньо-весняний строк за допомогою сівалки –

6,84 т/га і 3,34 т/га відповідно. В середньому по способах та строках підживлення у 2020/2021 рр. різниця урожайності була не істотною, а у найбільш зволожений 2021/2022 рр. (ГТК=1) найкращі результати в середньому по способах отримали за осінньо-весняного внесення азоту з 1,36 т/га надбавки до контролю без добрив (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Урожайність пшениці озимої залежно від строку та способу азотного підживлення карбамідом у дозі N₆₀ після попередника соняшник, т/га, 2021–2024 рр.

Строк (А)	Спосіб внесення (В)	Рік (С)			Середнє	Надбавка до контролю, т/га	Надбавка до контролю, %
		2021	2022	2024			
контроль (без добрив)		4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	врозкид	6,67	2,89	3,09	4,22	1,13	37
	сівалкою	6,60	3,02	3,13	4,25	1,16	38
	середнє	6,64	2,96	3,11	4,23	1,14	37
весна	врозкид	6,40	3,01	2,59	4,00	0,91	29
	сівалкою	6,74	3,26	2,40	4,13	1,04	34
	середнє	6,57	3,13	2,50	4,07	0,98	32
осінь + весна	врозкид	6,68	3,22	2,82	4,24	1,15	37
	сівалкою	6,84	3,34	2,85	4,34	1,25	41
	середнє	6,76	3,28	2,84	4,29	1,20	39
середнє	врозкид	6,58	3,04	2,83	4,15	1,06	34
	сівалкою	6,73	3,21	2,79	4,24	1,15	37
	середнє	6,66	3,12	2,81	4,20	1,11	36
НІР _{0,5}	А–0,18; В–0,16; С–0,16; АВ–0,34; АС–0,34; ВС–0,33; АВС–0,49						

В середньому по строках внесення карбаміду найбільша надбавка до урожайності пшениці м'якої озимої була за підживлення сівалкою і становила 1,21 т/га. У 2024 р. найвищу урожайність – 3,13 т/га отримано за підживлення восени сівалкою прикоренево. Весняний вегетаційний період характеризувався посушливими умовами, тому в середньому по способах внесення азоту

найбільшу урожайність отримано після підживлення в осінній період, де надбавка до контролю становила 0,72 т/га. Істотної різниці урожайності в середньому по строках підживлення не було (див. табл. 4.7).

На фоні підживлення сульфатом амонію, максимальна врожайність у 2021 р. і 2022 р. була отримана за рядкового внесення в осінньо-весняний строк, де врожайність становила 6,88 т/га і 3,42 т/га відповідно. У 2021–2022 рр. в середньому по способах внесення азоту істотної різниці між строками підживлення не було. Найбільшу врожайність у 2024 р., на відміну від попередніх років, було одержано за підживлення врозкид в осінній строк – 2,97 т/га, а в середньому по способах внесення азоту найкращою урожайністю характеризувався осінній строк підживлення, що обумовлювалось великою зволоженістю у період вересня–жовтня (ГТК–1,7). За всі три роки різниці між способами підживлення сульфатом амонію пшениці м'якої озимої зафіксовано не було. В середньому за роки досліджень найбільша урожайність була при внесенні сульфату амонію в осінньо-весняний строк розкидним способом – 4,36 т/га з прибавкою до контролю в 41%.

Середні дані урожайності по способах внесення добрив за весь період дослідження, незалежно від строку добрив, істотної різниці не мали, де прибавки до контролю становили 35–37 %.

Спосіб внесення при підживленні сульфатом амонію, як і при внесенні аміачної селітри та карбаміду, суттєвої різниці не мав.

В середньому за кожним строком окремо, незалежно від способу внесення, найбільша урожайність була за осіннього та осінньо-весняного підживлення – 4,26 т/га з прибавкою до контролю 38 % (табл. 4.8).

Таким чином, за використання аміачної селітри, карбаміду і сульфату амонію для підживлення найбільшу надбавку до контролю, в середньому по способам та строкам внесення азоту одержали за використання аміачної селітри – 42 %, за використання карбаміду і сульфату різниця між добривами була не істотною, надбавка становила 36 % і 36 % відповідно (див. табл. 4.6–4.8).

Таблиця 4.8

**Урожайність пшениці озимої залежно від строку та способу азотного
підживлення сульфатом амонію у дозі N₆₀ після попередника соняшник,
т/га, 2021–2024 рр.**

Строк (А)	Спосіб внесення (В)	Рік (С)			середнє	Надбавка до контролю, т/га	Надбавка до контролю, %
		2021	2022	2024			
контроль (без добрив)		4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
осінь	врозкид	6,70	3,37	2,97	4,35	1,26	41
	сівалкою	6,50	3,16	2,88	4,18	1,09	35
	середнє	6,60	3,27	2,93	4,26	1,17	38
весна	врозкид	6,56	3,17	2,40	4,04	0,95	31
	сівалкою	6,80	3,36	2,30	4,15	1,06	34
	середнє	6,68	3,26	2,35	4,10	1,01	33
осінь + весна	врозкид	6,60	3,20	2,70	4,17	1,08	35
	сівалкою	6,88	3,42	2,77	4,36	1,27	41
	середнє	6,74	3,31	2,74	4,26	1,17	38
середнє	врозкид	6,62	3,25	2,69	4,19	1,10	35
	сівалкою	6,73	3,31	2,65	4,23	1,14	37
	середнє	6,67	3,28	2,67	4,21	1,12	36
НІР _{0,5}	А–0,17; В–0,16; С–0,16 АВ–0,36; АС–0,36; АВС–0,48						

Для всіх трьох добрив спосіб внесення не мав істотної різниці в середньому по строках внесення за три роки досліджень, лише при підживленні карбамідом у вологий вегетаційний період 2021/2022 рр. з ГТК 1,0 отримана істотна різниця за урожайністю між двома способами внесення азоту, де більші результати були при внесенні азоту сівалкою, що обумовлено втратами азоту при переході з амідної форми у амонійну при розкидному способі підживлення пшениці м'якої озимої (див. табл. 4.6–4.8).

Таким чином, строк підживлення різними добривами по-різному впливав на результати. Так, при використанні селітри найбільша урожайність в середньому по способах протягом 2021–2024 рр. була після весняного строку підживлення – 4,49 т/га з 46 % надбавки до контролю. При підживленні

карбамідом найбільша в середньому по способах внесення добрива за три роки урожайність була за осіннього і осінньо-весняного строку з неістотною різницею між добривами – 4,33 т/га (40 % надбавки) і 4,23 т/га (37 % надбавки). Оптимальним строком внесення сульфату амонію виявився дробний (осінь+весна) – 4,38 т/га з надбавкою до контролю без добрив у 42% (див. табл. 4.6–4.8).

Отже, отримані результати узгоджуються з даними сучасних наукових досліджень, у яких відзначається відсутність істотного впливу способу внесення азотних добрив на врожайність пшениці. Зокрема, встановлено, що «врожайність зерна не зазнавала статистично значущого впливу від способу внесення добрив у польових умовах» [122], а також що «ні форма азоту, ні спосіб його внесення не впливали на врожайність зерна при нормі 90 кг N/га» [173]. Узагальнення результатів досліджень також свідчить, що реакція врожайності на різні способи внесення азоту «зазвичай є незначною або нестабільною» [174], що підтверджує відсутність суттєвої різниці між прикореневим та розкидним підживленням у проведених дослідях.

4.5. Сортова реакція пшениці озимої на систему азотного підживлення

Протягом двох років (2020/2021 рр., 2021/2022 рр.) вивчали реакцію 21 сорту пшениці озимої від 5 різних оригінаторів на осіннє підживлення селітрою аміачною у дозі N_{30} у порівнянні з традиційним способом вирощування, без внесення азотного підживлення в осінній період. Аналіз урожайності сортів пшениці м'якої озимої після чорного пару показав істотну залежність реалізації їх продуктивного потенціалу від осіннього підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} . На неудобреному фоні урожайність сортів варіювала від 5,17 т/га у сорту KWS Jersy до 6,19 т/га у сорту Гайок. Серед досліджуваних сортів найвищу врожайність без застосування азотних добрив забезпечили сорти Гайок (6,19 т/га), Юзовська (5,95 т/га), Гармоніка (5,87 т/га), Перемога (5,83 т/га) та Здобна (5,82 т/га), що перевищувало контрольний сорт Богдана на 4–10 %.

Осіннє підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} сприяло підвищенню врожайності всіх досліджуваних сортів. На удобреному фоні урожайність змінювалася від 5,89 т/га до 6,58 т/га. Найвищі показники сформували сорти Гайок (6,58 т/га), Здобна (6,57 т/га), Гармоніка (6,53 т/га), Диво (6,48 т/га) та Перемога (6,46 т/га). Підвищення урожайності від осіннього внесення азоту становило 0,38–0,83 т/га, або 7–15 % порівняно з неудобреним фоном.

Найбільшою реакцією на внесення азотних добрив характеризувалися сорти Диво, KWS Jersy, Здобна, Запашна та Світанкова, у яких прибавка врожайності становила відповідно 0,83; 0,79; 0,76; 0,72 та 0,72 т/га. Водночас найменшу відгукуваність на підживлення відзначено у сортів Юзовська (0,38 т/га), Гайок (0,39 т/га) та Воздвиженка (0,39 т/га).

У розрізі оригінаторів найвищою середньою урожайністю характеризувалися сорти селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, які на фоні осіннього підживлення аміачною селітрою формували 6,19–6,58 т/га зерна. Сорти Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН також відзначалися високим рівнем продуктивності, зокрема сорт Перемога забезпечив урожайність 6,46 т/га, а Юзовська – 6,32 т/га. Сорти Іванівської дослідно-селекційної станції НААН формували дещо нижчу врожайність (5,96–6,23 т/га), проте характеризувалися стабільною реакцією на азотне підживлення. Сорт KWS Jersy мав найнижчу врожайність на контролі (5,17 т/га), однак відзначався однією з найвищих прибавок від внесення азоту (0,79 т/га, або 14 %).

Отримані результати свідчать, що за умов вирощування після чорного пару осіннє внесення аміачної селітри у дозі N_{30} є ефективним агротехнічним заходом підвищення врожайності пшениці м'якої озимої, а величина прибавки значною мірою визначається сортовими особливостями культури (табл. 4.9).

У виробничих умовах господарств Харківської та Полтавської областей при вирощуванні різних сортів пшениці м'якої озимої підтверджено позитивний вплив осіннього азотного підживлення на рівень урожайності (додаток Е.3–Е.5).

Таблиця 4.9

**Урожайність сортів пшениці м'якої залежно від осіннього підживлення аміачною селітрою в доці N₃₀ після
чорного пару, т/га, середнє за 2021–2022 рр.**

Сорт (А)	Оригіатор	Без добрив (В)			N ₃₀ восени (В)			Прибавка від удобрєння	
		Урожайність	Прибавка до контролю		Урожайність	Прибавка до контролю		т/га	%
			т/га	%		т/га	%		
Богдана (контроль)	ІФРГ НАН, МІП ім. В.М. Ремесла НААН	5,61	–	–	6,01	–	–	0,40	7
Вигадка	Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН	5,80	0,19	3	6,40	0,39	6	0,61	11
Гайок		6,19	0,58	10	6,58	0,57	9	0,39	7
Гармоніка		5,87	0,26	5	6,53	0,52	9	0,67	12
Диво		5,65	0,03	1	6,48	0,47	8	0,83	15
Запашна		5,50	-0,12	-2	6,21	0,20	3	0,72	13
Здобна		5,82	0,20	4	6,57	0,56	9	0,76	13
Краса Ланів		5,69	0,08	1	6,21	0,20	3	0,52	9
Метелиця харківська		5,75	0,13	2	6,24	0,23	4	0,49	9
Привітна		5,59	-0,02	0	6,19	0,18	3	0,60	11
Принада		5,67	0,05	1	6,33	0,32	5	0,66	12
Воздвиженка	Іванівська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН	5,73	0,12	2	6,12	0,11	2	0,39	7
Охтирчанка Ювілейна		5,63	0,02	0	6,20	0,19	3	0,57	10
Світанкова		5,51	-0,10	-2	6,23	0,22	4	0,72	13
Соловушка		5,48	-0,13	-2	5,96	-0,05	-1	0,48	9
Сприятлива		5,44	-0,17	-3	6,00	-0,01	0	0,56	10
Диво Донецьке	Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН	5,32	-0,29	-5	5,93	-0,09	-1	0,61	11
Ігриста		5,42	-0,20	-3	5,89	-0,13	-2	0,47	8
Перемога		5,83	0,22	4	6,46	0,45	7	0,63	11
Юзовська		5,95	0,34	6	6,32	0,31	5	0,38	7
KWS Jersy	KWS LOCHOW GMBH	5,17	-0,44	-8	5,96	-0,05	-1	0,79	14
НІР _{0,5}		А – 0,20			В – 0,22			АВ – 0,31	

Висновки до розділу 4

1. Встановлено істотну залежність урожайності пшениці м'якої озимої від попередника. У середньому за 2021–2024 рр. найвищу урожайність сформовано після гороху – 5,66 т/га, що перевищувало показники після чорного пару на 0,33 т/га, а після соняшнику – на 1,23 т/га.

2. Визначено залежність ефективності азотного підживлення від попередника. Найвищу відгукуваність на внесення азоту пшениця м'яка озима проявляла після соняшнику, де середня прибавка урожайності до контролю становила 44 %, тоді як після чорного пару та гороху вона не перевищувала відповідно 3 % та 7 %.

3. Встановлено, що оптимальна доза азотного підживлення визначалася попередником культури. Після чорного пару та гороху найбільш агрономічно доцільним було внесення азоту в дозі N_{30} , тоді як після соняшнику максимальну ефективність забезпечувала доза N_{60} . Подальше підвищення дози азоту не супроводжувалося істотним зростанням урожайності.

4. Встановлено, що після попередника соняшник найбільш ефективною формою азотного добрива була аміачна селітра, застосування якої забезпечувало середню прибавку урожайності 1,34 т/га, або 44 % до контролю. Ефективність карбаміду та сульфату амонію була практично однаковою, а надбавка урожайності до контролю становила відповідно 1,10 т/га та 1,11 т/га, або 36 %.

5. Визначено вплив строку підживлення на урожайність залежно від виду азотного добрива. Для аміачної селітри істотних відмінностей між осіннім, весняним та осінньо-весняним строками внесення не встановлено, а прибавка урожайності становила 43–46 % до контролю. Для карбаміду найвищу урожайність забезпечували осінній та осінньо-весняний строки підживлення (4,33 т/га та 4,23 т/га відповідно), тоді як для сульфату амонію найефективнішим було осінньо-весняне внесення, за якого прибавка до контролю досягала 42 %.

6. Встановлено, що за використання аміачної селітри в осіннє підживлення у фази проростків та 2–3 листків не поступалося за ефективністю традиційному внесенню по мерзлоталому ґрунту, а в окремі роки перевищувало

його. У вологому сезоні 2021/2022 рр. (ГТК = 1,0) найбільшу урожайність – 3,03 т/га – забезпечило внесення азоту у фазу 2–3 листків.

7. Встановлено, що спосіб внесення азотних добрив не мав істотного впливу на урожайність пшениці м'якої озимої за застосування аміачної селітри, карбаміду та сульфату амонію у дозі N_{60} після попередника соняшник, що свідчить про можливість використання різних технологічних способів внесення без зниження ефективності удобрення.

8. Встановлено, що осіннє підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} після чорного пару забезпечувало достовірне підвищення урожайності всіх досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої. Найбільшою відгукуваністю на удобрення характеризувалися сорти Диво, KWS Jersy, Здобна, Запашна та Світанкова, у яких прибавка урожайності становила 0,72–0,83 т/га, або 13–15 % до контролю. Найменшу реакцію на азотне підживлення мали сорти Юзовська, Гайок та Воздвиженка, де прибавка урожайності не перевищувала 0,38–0,39 т/га, або 7 %. Це свідчить про суттєвий вплив генотипових особливостей сорту на ефективність використання додаткового азотного живлення.

РОЗДІЛ 5

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

5.1. Вплив попередника на ефективність доз азотного підживлення за різними строками внесення

«До основних класоутворюючих показників якості зерна пшениці м'якої відносять масову частку білка та сирої клейковини, а також показники якості клейковини – її групу та ВДК. Допоміжними класоутворюючими показниками якості зерна пшениці м'якої є натура, склоподібність, число падіння» [54, 175].

Протягом 2020–2024 рр. досліджували вплив різних доз та строків азотного підживлення аміачною селітрою на формування основних показників якості зерна пшениці м'якої озимої: вміст білка, скловидність, вміст клейковини, натура, число падіння та ІДК після попередників чорний пар, горох та соняшник.

У середньому за 2021–2024 рр. на фоні без добрив найбільший вміст білка у зерні пшениці озимої формувався після попередника горох – 12,7%, а найменший після соняшника – 10,5%. Чорний пар займав проміжне положення – вміст білка в зерні становив 12,1%. Соняшник хоч і був найгіршим попередником для формування вмісту білка в зерні пшениці м'якої, але найбільш чутливим до азотного підживлення аміачної селітрою – вміст білка збільшився з 10,5% (контроль) до 11,5% (середнє). В середньому по попередниках та строках підживлення пшениці м'якої вміст білка в зерні зростав з підвищенням дози азоту від N_{30} – 11,8 % до N_{120} – 13,2 % з надбавками до контролю без добрив у 0,1% і 1,4% відповідно (табл. 5.1; додаток Е.1, Е.2, Е.6, Е.7).

Оптимальні дози азоту за підживлення пшениці м'якої озимої після різних попередників суттєво відрізнялися. Так, після попередника чорний пар оптимальною дозою була N_{60} із вмістом білка в середньому по строках внесення 12,6 %, що відповідало 2 класу якості зерна, подальше збільшення дози азоту було агрономічно не доцільним, оскільки не покращувало класу якості (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення аміачною селітрою після різних попередників, %, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Вміст білка, %				Середня прибавка до контролю, %
		попередник (С)				
		чорний пар	горох	соняшник	середнє	
контроль (без добрив)		12,1	12,7	10,5	11,8	—
N ₃₀	осінь	12,4	12,7	10,7	11,9	0,2
	весна	12,2	12,2	10,4	11,6	-0,2
	осінь + весна	12,4	13,1	10,4	12,0	0,2
	середнє	12,3	12,7	10,5	11,8	0,1
N ₆₀	осінь	12,6	13,0	10,9	12,2	0,4
	весна	12,5	12,7	11,0	12,1	0,3
	осінь + весна	12,7	13,7	11,4	12,6	0,8
	середнє	12,6	13,1	11,1	12,3	0,5
N ₉₀	осінь	13,2	13,6	11,9	12,9	1,1
	весна	13,1	13,4	10,8	12,4	0,7
	осінь + весна	13,3	13,9	12,7	13,3	1,5
	середнє	13,2	13,6	11,8	12,9	1,1
N ₁₂₀	осінь	12,9	13,9	12,6	13,1	1,4
	весна	13,1	13,5	11,9	12,8	1,1
	осінь + весна	13,5	14,0	13,4	13,6	1,9
	середнє	13,2	13,8	12,6	13,2	1,4
середнє	осінь	12,8	13,3	11,5	12,5	0,8
	весна	12,7	12,9	11,0	12,2	0,4
	осінь + весна	13,0	13,7	12,0	12,9	1,1
	середнє	12,8	13,3	11,5	12,5	0,8
NIP _{0,5}		А–0,09; В–0,078; С–0,078; АВ–0,156; АС–0,156; ВС–0,135; АВС–0,27				

Після попередника соняшник задля покращення якості було доцільно збільшувати дозу азоту до максимальної N_{120} , за якої вміст білка в зерні становив 12,6 %, що відповідало 2 класу якості. Після гороху вміст білка в зерні пшениці вже на контрольному варіанті відповідав вимогам 2 класу, а підвищення дози азоту навіть до N_{120} не покращувало класу якості за вмістом білка. Серед строків внесення аміачної селітри найбільший вміст білка було одержано за підживлення у дробний строк (осінь+весна) – 12,9 % з надбавкою до контролю у 1,1%, а найменший при весняному внесенні аміачної селітри – 12,2% з 0,4% надбавкою до контролю. Клас якості зерна пшениці не залежав від строку внесення аміачної селітри і відповідав 2 класу за вмістом білка після чорного пару та гороху і 3 класу після соняшника (див. табл. 5.1).

Серед факторів, які впливали на вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої найбільший вплив мав фактор року – 40 %, попередник впливав на 27%, доза азоту та строк підживлення мали вплив на 13% і 3% відповідно. Домінування року означало, що навіть за оптимізації агротехнологічних факторів 40% варіації білка залежало від некерованих погодних умов. Однак сума керованих факторів (попередник + доза + строк = 42,8%) перевищувало частку року, що робило вміст білка потенційно керованим показником якості зерна пшениці (додаток В.1).

Отримані результати знаходять підтвердження у дослідженнях Müller et al. (2025), опублікованих в журналі Plants (MDPI), де вивчали спадкові ефекти різних попередників на врожайність зерна, білкові фракції та вміст поживних речовин у ґрунті на посівах пшениці м'якої озимої. Встановлено, що бобові попередники достовірно підвищували вміст білка в зерні пшениці завдяки залишковому біологічному азоту та покращенню мікробіологічного стану ґрунту [176].

До схожих висновків прийшли і автори дослідження Reckling et al. (2023), які встановили, що зернові, вирощені після бобових кормових трав у сівозміні, мали достовірно вищий рівень білка порівняно з безперервними зерновими сівозмінами [177].

Скловидність зерна пшениці м'якої озимої на неудобреному контролі після чорного пару становила 48,5%, після гороху – 47,0% та після соняшнику – 33,7%.

На відміну від вмісту білка в зерні, показник скловидності зерна був більший після чорного пару ніж після гороху. На нашу думку, низька скловидність після соняшника (33,7%) свідчила про формування борошністого ендосперму, що було наслідком недостатнього азотного живлення на етапі наливу зерна.

Встановлено, що в середньому серед попередників найкращим для формування скловидності зерна був горох – 52,3 %, а найгіршим – соняшник з 49,8 % скловидності. Після чорного пару одержали проміжний варіант – 51,6 % скловидності зерна. При формуванні скловидності спостерігалася схожа тенденція як і за формування білка в зерні пшениці. Так, за нашими дослідженнями найбільшу реакцію на азотне підживлення зафіксовано після соняшнику, скловидність зростала з 33,7 % на контрольному варіанті без добрив до 49,8 % в середньому по попереднику соняшник. В середньому по попередниках та строках внесення аміачної селітри скловидність зерна пшениці озимої зростала зі збільшенням дози азоту з 47,6 % при N_{30} до 56,3 % при N_{120} з надбавками до контролю у 10,5 % і 30,7 % відповідно.

Таким чином, за показником скловидності зерна пшениці м'якої озимої після попередників чорний пар та горох вже на контрольному варіанті без удобрення відповідало 2 класу якості, а починаючи із дози N_{30} – 1 класу. Натомість, після попередника соняшник для досягнення 2 класу якості за показником скловидності зерна треба було збільшити дозу азоту до N_{60} , і лише за максимальної дози скловидність відповідала 1 класу якості зерна пшениці озимої. Серед строків внесення азотного добрива в середньому по дозах оптимальними були осінній та дробний (осінь+весна) строки з неістотною різницею – 52,3 % скловидності з 21,5% надбавки до контролю без добрив і з 51,5% скловидності з 19,6% надбавки відповідно. Найменша скловидність зерна була за весняного підживлення аміачною селітрою – 49,9 % з 15,8% надбавкою до контролю. Всі строки підживлення пшениці після попередників чорний пар та горох забезпечували зерно 1 класу якості за показником скловидності, а після соняшника тільки осінній та дробний строк внесення аміачної селітри (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Скловидність зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення аміачною селітрою після різних попередників, %, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Скловидність, %				Середня прибавка до контролю, %
		попередник (С)				
		чорний пар	горох	соняшник	середнє	
контроль (без добрив)		48,5	47,0	33,7	43,1	—
N ₃₀	осінь	55,5	55,0	44,0	51,5	19,6
	весна	47,5	53,5	34,0	45,0	4,5
	осінь + весна	49,5	48,5	41,0	46,3	7,6
	середнє	50,8	52,3	39,7	47,6	10,5
N ₆₀	осінь	48,0	49,5	47,0	48,2	11,8
	весна	52,0	55,5	49,5	52,3	21,5
	осінь + весна	50,5	48,0	46,0	48,2	11,8
	середнє	50,2	51,0	47,5	49,6	15,1
N ₉₀	осінь	52,0	55,5	55,0	54,2	25,8
	весна	55,0	51,0	35,0	47,0	9,1
	осінь + весна	44,5	56,5	59,0	53,3	23,8
	середнє	50,5	54,3	49,7	51,5	19,6
N ₁₂₀	осінь	49,5	54,5	62,5	55,5	28,9
	весна	56,0	47,5	62,0	55,2	28,1
	осінь + весна	59,5	52,5	62,5	58,2	35,1
	середнє	55,0	51,5	62,3	56,3	30,7
середнє	осінь	51,3	53,6	52,1	52,3	21,5
	весна	52,6	51,9	45,1	49,9	15,8
	осінь + весна	51,0	51,4	52,1	51,5	19,6
	середнє	51,6	52,3	49,8	51,2	19,0
НІР _{0,5}		А–1,39; В–1,2; С–1,2; АВ–2,4; АС–2,4; ВС–2,08; АВС–3,6				

Встановлено вплив факторів досліду на формування скловидності: фактор року – 62,2%, попередник впливав на 0,4%, доза азоту – на 4,1%, строк – на 0,4%, взаємодія рік×попередник – 12,8% дисперсії. Принциповий контраст зі вмістом білка в зерні: попередник окремо впливав лише на 0,4% дисперсії скловидності, тоді як для білка – 26,6%. Проте взаємодія рік×попередник – 12,8%, тобто ефект попередника проявлявся лише в конкретних погодних умовах. Сума керованих факторів (попередник + доза + строк = 4,9%) – мінімальна серед усіх показників, це означало, що скловидність практично не піддавалася управлінню через зміну технології вирощування пшениці м'якої озимої, а залежала переважно від погоди (додаток В.2).

Нашими дослідженнями було встановлено, що на контрольному варіанті без добрив найбільший вміст клейковини в зерні пшениці був після гороху – 21,8%, меншим – після чорного пару – 21,4%, а найменший – після соняшнику – 16,6%.

У міру підвищення дози азоту за підживлення аміачною селітрою після всіх попередників у досліді вміст клейковини в зерні пшениці м'якої озимої зростав. Так, в середньому за попередниками і строками при збільшенні дози азоту вміст клейковини в зерні підвищувався з 20,6 % за дози N_{30} до 24,1 за дози N_{120} з надбавками до неудобрюваного контролю у 3,5% і 20,9 % відповідно. Так само, як і при формуванні вмісту білка і скловидності зерна пшениці, найбільшу відгукуваність на азотне підживлення для формування клейковини в зерні було одержано після попередника соняшник. Серед строків внесення аміачної селітри в середньому по попередниках та дозах азоту найбільший вміст клейковини отримали за дробного (осінь+весна) підживлення – 23,3 %, а найменший за весняного – 21,7% з відповідними надбавками до контролю (без добрив) у 16,7% та 8,7% (табл. 5.3; додаток Е.1, Е.2, Е.6, Е.7).

Встановлено, що фактор попередника впливав на формування вмісту клейковини в зерні пшениці м'якої озимої на 46,7%, доза азоту – 20,0%, строк підживлення на 4,7%, рік – 3,4%. Вміст клейковини в зерні пшениці – єдиний показник, де фактор року мав мінімальну частку – 3,4%. Сума керованих факторів впливу становила 71,4%, що було максимумом серед усіх інших показників якості

зерна у досліді. Взаємодія попередника та дози азоту за підживлення = 66,7% – дві третини варіації клейковини визначалося вибором попередника та дозою добрив (додаток В.3).

Таблиця 5.3

Вміст клейковини в зерні пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення аміачною селітрою після різних попередників, %, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Вміст клейковини, %				Середня прибавка до контролю, %
		Попередник (С)				
		чорний пар	горох	соняшник	середнє	
контроль (без добрив)		21,4	21,8	16,6	19,9	—
N ₃₀	осінь	23,0	22,6	17,6	21,1	5,7
	весна	21,2	22,2	15,8	19,7	-1,0
	осінь + весна	21,6	25,0	16,6	21,1	5,7
	середнє	21,9	23,3	16,7	20,6	3,5
N ₆₀	осінь	23,0	24,4	18,6	22,0	10,4
	весна	21,4	23,8	18,0	21,1	5,7
	осінь + весна	23,8	25,0	18,8	22,5	13,0
	середнє	22,7	24,4	18,5	21,9	9,7
N ₉₀	осінь	24,2	26,2	21,4	23,9	20,1
	весна	23,0	24,8	20,8	22,9	14,7
	осінь + весна	24,0	25,8	22,2	24,0	20,4
	середнє	23,7	25,6	21,5	23,6	18,4
N ₁₂₀	осінь	23,8	26,0	22,6	24,1	21,1
	весна	23,6	25,8	19,2	22,9	14,7
	осінь + весна	25,2	26,0	24,8	25,3	27,1
	середнє	24,2	25,9	22,2	24,1	20,9
середнє	осінь	23,5	24,8	20,1	22,8	14,4
	весна	22,3	24,2	18,5	21,7	8,7
	осінь + весна	23,7	25,5	20,6	23,3	16,7
	середнє	23,2	24,8	19,7	22,6	13,2
HIP 0,5		А–0,169; В–0,146; С–0,146; АВ–0,292; АС–0,292; ВС–0,253; АВС–0,438				

З урахуванням всіх показників якості зерна пшениці м'якої озимої формування класності пшениці за ДСТУ 3768:2019 [213] відбувалося по різному залежно від попередника, дози та строку внесення азотного добрива. Так, 3 клас якості пшениці м'якої озимої був отриманий вже на контрольному варіанті без добрив після чорного пару та гороху, натомість після соняшника лише починаючи з дози N_{60} . Зерно 2 класу одержали при підживленні починаючи із дози N_{60} після гороху, та із дози N_{90} після чорного пару (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Клас якості зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення аміачною селітрою після різних попередників, середнє за 2021–2024 рр.

Доза	Строк підживлення	Клас за ДСТУ 3768:2019		
		попередник		
		чорний пар	горох	соняшник
контроль (без добрив)		3	3	4
N ₃₀	осінь	3	3	4
	весна	3	3	4
	осінь + весна	3	3	4
	середнє	3	3	4
N ₆₀	осінь	3	2	3
	весна	3	2	3
	осінь + весна	3	2	3
	середнє	3	2	3
N ₉₀	осінь	2	2	3
	весна	2	2	3
	осінь + весна	2	2	3
	середнє	2	2	3
N ₁₂₀	осінь	2	2	3
	весна	2	2	3
	осінь + весна	2	2	2
	середнє	2	2	3
середнє	осінь	2	2	3
	весна	3	2	3
	осінь + весна	2	2	3
	середнє	2	2	3

Подальше збільшення дози азоту не змінювало клас якості зерна пшениці м'якої озимої. Після соняшника 2 клас якості зерна сформувався лише після дробного (осінь+весна) підживлення з максимальною дозою азоту N_{120} .

Таким чином, для формування якісного зерна другого класу пшениці м'якої озимої після гороху та чорного пару потрібно було підживлення у дозі N_{30} та N_{60} відповідно, а строк внесення азоту не мав істотного впливу. Це обумовлено запасами азоту у рослинних рештках гороху, та мінералізацією органічної речовини під час утримання чорного пару, що і створило необхідні передумови для утворення якісного зерна пшениці м'якої озимої при мінімальних, або середніх дозах азоту. Після гіршого попередника, яким був соняшник, для отримання другого класу якості зерна було необхідно внесення максимальної дози азоту N_{120} у строк осінь+весна, що пояснюється низьким рівнем залишкового азоту після попередника соняшник (див. табл. 5.4).

Натура (маса 1 л зерна) є фізичним показником якості, що характеризує виповненість та щільність зернівок. Значення натури зерна пшениці м'якої озимої на контрольному варіанті (без добрив) після чорного пару становили – 794 г/л, після гороху – 806 г/л та після соняшнику – 819 г/л. Таким чином, серед досліджуваних попередників соняшник забезпечував найвищу натуру зерна, з різницею у 25 г/л у порівнянні з попередником чорний пар та 13 г/л порівняно з попередником горох вже на контрольному варіанті. Загалом, більша натура зерна в середньому по досліді формувалася після соняшника – 811 г/л, а менша – після попередників чорний пар та горох – 793 г/л і 795 г/л відповідно. Різниця у натурі зерна після різних попередників була істотною, що підтверджується статистично. На нашу думку, висока натура зерна пшениці після соняшнику пояснюється формуванням дрібнішого, але щільнішого зерна з більшою часткою крохмалю і меншою часткою білка, так як високий вміст білка знижує натуру зерна через менш щільну структуру білкового матриксу. Незалежно від попередника, натура зерна пшениці м'якої зменшувалась при збільшенні дози азоту – від 804 г/л (N_{30}) до 793 г/л (N_{120}) в середньому по попередниках та строках зі зменшенням по відношенню до контролю без добрив на 0,2% і 1,7% відповідно (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Натура зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення
аміачною селітрою після різних попередників, г/л, 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Натура, г/л				Середня прибавка до контролю, %
		попередник (С)				
		чорний пар	горох	соняшник	середнє	
контроль (без добрив)		794	806	819	806	—
N ₃₀	осінь	800	804	804	803	-0,5
	весна	798	802	818	806	0,0
	осінь + весна	794	804	816	805	-0,2
	середнє	797	803	813	804	-0,2
N ₆₀	осінь	794	799	818	804	-0,3
	весна	794	803	820	806	-0,1
	осінь + весна	796	790	810	799	-1,0
	середнє	795	797	816	803	-0,5
N ₉₀	осінь	790	788	804	794	-1,5
	весна	794	798	832	808	0,2
	осінь + весна	784	792	806	794	-1,5
	середнє	789	793	814	799	-1,0
N ₁₂₀	осінь	794	790	788	791	-1,9
	весна	792	790	814	799	-1,0
	осінь + весна	788	782	802	791	-1,9
	середнє	791	787	801	793	-1,7
середнє	осінь	795	795	804	798	-1,0
	весна	795	798	821	805	-0,2
	осінь + весна	791	792	809	797	-1,1
	середнє	793	795	811	800	-0,8
НІР _{0,5}		А–1,9; В–1,6; С–1,6; АВ–3,2; АС–3,2; ВС–2,77; АВС–4,8				

В середньому за попередниками та дозами аміачної селітри всі строки внесення азоту характеризувалися зменшенням натурі від 805 г/л (весна) до 797 г/л (осінь+весна), що було менше по відношенню до контролю відповідно на 0,2% і 1,1 % (див. табл. 5.5).

Найбільш впливовим фактором на формування натурі зерна пшениці м'якої озимої був рік, частка впливу якого становила 56,2%, попередник впливав на 13,2%, доза – на 3,8%, строк – 2,4%. Сума агротехнічних факторів – 19,4%. Отже, фактор року був домінуючим, а попередник – другим фактором за впливом на формування натурі зерна пшениці м'якої озимої (додаток В.4).

ІДК (індекс деформації клейковини) характеризує пружно-еластичні властивості клейковини. Згідно ДСТУ, до І групи (добра) відносять пшеницю з показниками ІДК 45–75 од. пр., до ІІ групи (задовільна слабка) – 80–100 од. пр., до ІІІ групи (задовільна міцна) – 20–40 од. пр.

У наших дослідженнях значення ІДК в зерні пшениці м'якої озимої після попередника чорний пар становило 65 од. пр. (І група), після гороху – 63 од. пр. (І група), після соняшнику – 38 од. пр. (межа І і ІІ міцної) [163].

Після соняшника на контрольному варіанті без добрив клейковина була занадто міцна (38 од. пр. – нижня межа І групи), що на нашу думку пов'язано із низьким вмістом клейковинних білків та переважанням глютенінів над гліадинами.

Після чорного пару та гороху на контрольному варіанті показник ІДК становив 65 од. пр. і 63 од. пр. відповідно. В середньому, найбільший індекс деформації клейковини в зерні пшениці озимої отримали після гороху – 67 од. пр., а найменший після соняшника – 54 од. пр.

Встановлено, що в середньому по попередниках та строках внесення аміачної селітри індекс деформації клейковини зростав з 56 од. пр. (0,6 % надбавки до контролю без добрив) при підживленні у дозі N_{30} до 62 од. пр. (12 % надбавки) при дозі аміачної селітри N_{90} . Подальше збільшення дози азоту за підживлення зменшувало ІДК до 60 од. пр. з надбавкою до контролю у 7,8%. Оптимальним строком підживлення був дробний (осінь+весна), за якого одержали найбільший ІДК – 61 од. пр. з надбавкою до контролю без добрив у 10,8 % (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Індекс деформації клейковини (ІДК) в зерні пшениці м'якої озимої
залежно від дози та строку підживлення аміачною селітрою після різних
попередників, од. пр., 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Строк підживлення (В)	ІДК, од. пр.				Середня прибавка до контролю, %
		попередник (С)				
		чорний пар	горох	соняшник	середнє	
контроль (без добрив)		65	63	38	55	—
N ₃₀	осінь	70	55	45	57	2,4
	весна	48	55	40	48	-13,9
	осінь + весна	63	75	50	63	13,3
	середнє	60	62	45	56	0,6
N ₆₀	осінь	63	60	55	59	7,2
	весна	55	68	53	59	6,0
	осінь + весна	53	75	58	62	12,0
	середнє	57	68	55	60	8,4
N ₉₀	осінь	55	75	55	62	11,4
	весна	60	70	65	65	17,5
	осінь + весна	58	63	58	60	7,8
	середнє	58	69	59	62	12,0
N ₁₂₀	осінь	55	68	43	55	0,0
	весна	50	75	63	63	13,3
	осінь + весна	55	65	65	62	11,4
	середнє	53	69	57	60	7,8
середнє	осінь	61	64	49	58	4,8
	весна	53	67	55	58	4,8
	осінь + весна	57	69	58	61	10,8
	середнє	57	67	54	59	7,2
НІР _{0,5}		А–0,95; В–0,82; С–0,82; АВ–1,64; АС–1,64; ВС–1,42; АВС–2,46				

Таким чином, після кращих попередників (чорний пар та горох) високий показник ІДК був вже на контрольному варіанті, натомість після соняшника пшениця м'яка озима потребувала додаткового азотного підживлення для формування зерна відповідної якості.

Встановлено вплив факторів дослідження на формування індексу деформації клейковини у зерні пшениці м'якої озимої: вирішальний вплив мав фактор року – 59,5%, вплив попередника становив 9,9%, дози підживлення – 1,7%, строку підживлення – 0,7%. Частка впливу сукупності керованих факторів становила 12,3%. Виділялися взаємодії факторів попередник×доза×строк – 4,8% та рік×попередник×доза×строк – 4,8%, що вказувало на непередбачуваність формування індексу деформації клейковини в зерні пшениці м'якої озимої (додаток В.5).

Число падіння характеризує стан крохмального комплексу та активність α -амілази. За ДСТУ 3768:2019 мінімальне число падіння для 1-го класу – 250 с, для 2-го – 200 с [163].

У наших дослідженнях значення числа падіння на контрольному варіанті без добрив становило після чорного пару 373 с, після гороху – 397 с, після соняшнику – 392 с. Всі значення значно перевищували вимоги 1-го класу, що свідчить про нормальний стан крохмального комплексу та відсутність проростаючого зерна.

В середньому за попередниками число падіння коливалося в межах 365 – 396 с, утім відмінності хоч і були статистично значущі, але агрономічно неістотні, оскільки в усіх варіантах дослідження значення числа падіння відповідало першому класу якості для зерна пшениці м'якої озимої (табл. 5.7).

Таким чином, азотні добрива майже не впливали на число падіння, оскільки воно визначалося переважно погодними умовами під час дозрівання та збирання, що підтверджується іншими авторами [178]. Jankowski et al. (2024) у трирічному польовому досліді з озимою пшеницею показали, що число падіння переважно визначалося погодними умовами в період дозрівання зерна і було менш чутливе до строків внесення азоту [179].

Таблиця 5.7

**Число падіння зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку
підживлення аміачною селітрою після різних попередників, секунд,
2021–2024 рр.**

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Число падіння, секунд				Середня прибавка до контролю, %
		попередник (С)				
		чорний пар	горох	соняшник	середнє	
контроль (без добрив)		373	397	392	387	—
N ₃₀	осінь	373	380	384	379	-2,2
	весна	374	376	367	372	-3,9
	осінь + весна	374	393	384	384	-0,9
	середнє	373	383	378	378	-2,4
N ₆₀	осінь	382	381	404	389	0,4
	весна	373	375	386	378	-2,4
	осінь + весна	361	383	394	379	-2,1
	середнє	372	379	394	382	-1,5
N ₉₀	осінь	379	381	375	378	-2,3
	весна	391	376	329	365	-5,7
	осінь + весна	369	359	409	379	-2,2
	середнє	380	372	388	380	-1,9
N ₁₂₀	осінь	375	391	391	386	-0,4
	весна	384	397	407	396	2,2
	осінь + весна	369	370	381	373	-3,6
	середнє	376	386	393	385	-0,6
середнє	осінь	377	383	388	383	-1,2
	весна	380	381	372	378	-2,5
	осінь + весна	368	376	392	379	-2,2
	середнє	375	380	384	380	-2,0
НІР _{0,5}		А–1,1; В–0,9; С–0,9; АВ–1,8; АС–1,8; ВС–1,6; АВС–2,8				

За роки дослідження 2020–2024 рр. нами було виявлено, що найбільший вплив на число падіння серед різних факторів мав фактор року – 75,9%. Вплив сукупності керованих факторів складав лише 2,5%. Отже, число падіння повністю залежало від погодних умов років дослідження і було некерованим агротехнічно (додаток В.6).

5.2. Ефективність різних видів та доз азотних добрив залежно від строку їх внесення після попередника соняшник

Дослідження проводили протягом 2020 – 2024 рр., де вивчали формування основних показників якості зерна пшениці м'якої озимої: вміст білку, скловидність зерна, вміст клейковини в зерні, натура зерна, індекс деформації клейковини (ІДК) та число падіння залежно від строку (осінь, весна, осінь+весна) та дози азоту (N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120}) при підживленні аміачною селітрою, карбамідом та сульфатом амонію після попередника соняшник. Контрольний варіант (без добрив) був спільним для всіх трьох видів азотних добрив.

Нами було встановлено, що на контрольному варіанті без підживлення вміст білка становив 10,5 %. Вміст білка в середньому по кожному виду азотного добрива коливався в межах 11,2–11,5%, різниця статистично значуща, але в агрономічному плані не суттєва. При дозі N_{30} за підживлення будь яким з добрив у досліді в середньому по строках внесення вміст білка в зерні був на рівні контролю (10,5%). Збільшення дози азоту за підживлення підвищувало вміст білка в зерні пшениці в середньому по добривам та строкам від 11 % (N_{60}) до 12,2% (N_{120}) з надбавками до контролю у 5,1 % і 16,5% відповідно. Дробний строк (осінь+весна) підживлення був оптимальним для формування контролю, у порівнянні з осіннім – 11,1% з 5,7% надбавки і весняним – 11,0 % з 4,4% надбавки до контролю без добрив (табл. 5.8).

Серед факторів, які впливали на формування білка в зерні пшениці м'якої озимої домінуючим був фактор року – 36,0 % дисперсії, що підтверджувало загальну закономірність (додаток В.7).

Таблиця 5.8

Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення різними добривами після попередника соняшник, %, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Вміст білка, %				Середня прибавка до контролю, %
		вид добрива (С)				
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра	середнє	
контроль (без добрив)		10,5	10,5	10,5	10,5	—
N ₃₀	осінь	10,4	10,2	10,7	10,4	-0,6
	весна	10,2	10,3	10,4	10,3	-1,9
	осінь + весна	10,5	11,3	10,4	10,7	2,2
	середнє	10,4	10,6	10,5	10,5	0,0
N ₆₀	осінь	11,1	10,8	10,9	10,9	4,1
	весна	10,6	10,4	11,0	10,7	1,6
	осінь + весна	12,3	11,3	11,4	11,7	11,1
	середнє	11,1	10,9	11,1	11,0	5,1
N ₉₀	осінь	11,3	10,4	11,9	11,2	6,7
	весна	11,2	11,3	10,8	11,1	5,7
	осінь + весна	12,1	11,9	12,7	12,2	16,5
	середнє	11,5	11,2	11,8	11,5	9,5
N ₁₂₀	осінь	11,6	11,6	12,6	11,9	13,7
	весна	12,0	11,5	11,9	11,8	12,4
	осінь + весна	12,7	13,1	13,4	13,1	24,4
	середнє	12,1	12,0	12,6	12,2	16,5
середнє	осінь	11,1	10,7	11,5	11,1	5,7
	весна	11,0	10,9	11,0	11,0	4,4
	осінь + весна	11,9	11,9	12,0	11,9	13,7
	середнє	11,3	11,2	11,5	11,3	7,9
НІР _{0,5}		А–0,065; В–0,057; С–0,057; АВ–0,113; АС–0,098; ВС–0,098; АВС–0,196				

Також встановлено, що фактор дози підживлення впливав на 13,5 %, строку – 7,7 %. Вид добрива мав вплив лише на 1,3 % варіації вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої. Це свідчило про те, що доза азоту була набагато важливішою за його форму. Проте значущою була взаємодія добриво×доза×строк – 8,5 %, що підтверджувало необхідність підбору оптимальної комбінації всіх трьох факторів (див. додаток В.7).

Скловидність є інтегральним показником, що відображає характер структури ендосперму та його білкову насиченість. У наших дослідях на контрольному варіанті без удобрення скловидність зерна пшениці м'якої озимої становила 33,7 % – зерно було переважно борошністим. Згідно з класифікацією, таке зерно належить до 4 класу якості за скловидністю [163].

На відміну від вмісту білка, скловидність зерна пшениці зростала в середньому по добривах та строках починаючи із дози N_{30} – 36,8 % з надбавкою у 9,3% до N_{120} – 55,4 % з надбавкою до контролю без добрив у 64,5%.

Найбільша скловидність зерна пшениці м'якої в середньому по кожному виду добрива сформувалася за підживлення аміачною селітрою – 49,8 %, за підживлення карбамідом та сульфатом амонію істотної різниці для скловидності не було – показники становили 45,5% і 45,2% відповідно. Серед строків підживлення дробний строк (осінь+весна) відрізнявся більшою скловидністю – 50,9% (50,9% надбавки до контролю) у порівнянні з осіннім – 46,3% і весняним – 43,2% з відповідними надбавками до контролю у 37,5% і 28,3% (табл. 5.9).

Серед факторів, які впливали на формування скловидності зерна пшениці м'якої озимої домінуючим був рік – 42,1 %. Фактор впливу дози азоту становив 19,1 %, строку – 4,1 %. Вплив фактору виду добрива – 1,9 %. Значна частка взаємодії добриво×доза×строк – 4,4 % (додаток В.8).

Клейковина є ключовим технологічним показником, що визначає хлібопекарські властивості зерна. На контрольному варіанті без удобрення вміст клейковини складав 16,6 %, що не відповідало вимогам жодному класу якості зерна пшениці м'якої озимої [163].

Таблиця 5.9

**Скловидність зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку
підживлення різними добривами після попередника соняшник, %,
2021–2024 рр.**

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Скловидність, %				Середня прибавка до контролю, %
		вид добрива (С)				
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра	середнє	
контроль (без добрив)		33,7	33,7	33,7	33,7	—
N ₃₀	осінь	36,5	30,0	44,0	36,8	9,3
	весна	29,5	34,5	34,0	32,7	-3,1
	осінь + весна	35,5	46,5	41,0	41,0	21,7
	середнє	33,8	37,0	39,7	36,8	9,3
N ₆₀	осінь	50,0	42,5	47,0	46,5	38,0
	весна	34,0	44,0	49,5	42,5	26,1
	осінь + весна	52,5	46,5	46,0	48,3	43,4
	середнє	45,5	44,3	47,5	45,8	35,8
N ₉₀	осінь	52,5	41,5	55,0	49,7	47,4
	весна	47,5	48,0	35,0	43,5	29,1
	осінь + весна	51,0	53,5	59,0	54,5	61,7
	середнє	50,3	47,7	49,7	49,2	46,1
N ₁₂₀	осінь	47,5	47,0	62,5	52,3	55,3
	весна	49,5	51,5	62,0	54,3	61,2
	осінь + весна	59,5	57,0	62,5	59,7	77,1
	середнє	52,2	51,8	62,3	55,4	64,5
середнє	осінь	46,6	40,3	52,1	46,3	37,5
	весна	40,1	44,5	45,1	43,2	28,3
	осінь + весна	49,6	50,9	52,1	50,9	50,9
	середнє	45,5	45,2	49,8	46,8	39,0
НІР _{0,5}		А–1,6; В–1,3; С–1,3; АВ–2,7; АС–2,7; ВС–2,3; АВС–4,7				

Ми вважаємо, що низький вміст клейковини у наших дослідженнях на контролі без удобрення був обумовлений недостатнім накопиченням гліадину та глютеніну – основних білків клейковинного комплексу за умов дефіциту азотного живлення.

В середньому по добривах аміачна селітра забезпечувала більший вміст клейковини в зерні пшениці – 19,7% у порівнянні із карбамідом – 19,0% та сульфатом амонію – 17,9%.

Встановлено, що мінімальна доза азоту N_{30} при підживленні в середньому по добривах та строках не впливала на вміст клейковини в зерні пшениці відносно контролю без добрив. Подальше збільшення дози від N_{60} до N_{120} збільшувало вміст клейковини в зерні – 18,2 % (9,6 % надбавки до контролю) і 20,9 % (25,9% надбавки) відповідно.

Серед досліджуваних строків, найбільшим вмістом клейковини характеризувався дробний строк (осінь+весна) підживлення – 20,2 % з надбавкою до контролю без добрив у 21,5 %.

За осіннього та весняного строків підживлення вміст клейковини був істотно менший – 18,6% та 17,9 % відповідно. Таким чином, за вмістом клейковини в зерні пшениці м'якої озимої спостерігалася чітка ієрархія добрив: найбільші значення отримали при підживленні аміачною селітрою, а найнижчі – за використання сульфату амонію, карбамід займав проміжне положення. Ця тенденція посилювалася зі збільшенням дози азоту (табл. 5.10).

Встановлено, що домінуючим фактором впливу на формування клейковини в зерні пшениці м'якої озимої у дослідженні була доза – 31,9 % дисперсії. Строк підживлення впливав на формування досліджуваного показника на 11,4 %, взаємодія рік×строк на 15,0 %. Вид добрива впливав на 7,0 %. Ми припускаємо, що домінування фактору дози на формування вмісту клейковини в зерні пшениці м'якої озимої підтверджує, що кількість внесеного азоту є ключовим фактором для синтезу гліадину та глютеніну, які формують клейковинний комплекс (додаток В.9).

Таблиця 5.10

Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення різними добривами після попередника соняшник, %, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Вміст клейковини, %				Середня прибавка до контролю, %
		вид добрива (С)				
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра	середнє	
контроль (без добрив)		16,6	16,6	16,6	16,6	—
N ₃₀	осінь	17,2	16,0	17,6	16,9	2,0
	весна	16,2	15,6	15,8	15,9	-4,4
	осінь + весна	16,4	17,8	16,6	16,9	2,0
	середнє	16,6	16,5	16,7	16,6	0,0
N ₆₀	осінь	18,4	16,8	18,6	17,9	8,0
	весна	16,8	16,4	18,0	17,1	2,8
	осінь + весна	21,8	18,0	18,8	19,5	17,7
	середнє	19,0	17,1	18,5	18,2	9,6
N ₉₀	осінь	18,8	16,4	21,4	18,9	13,7
	весна	19,0	18,2	20,8	19,3	16,5
	осінь + весна	21,2	19,4	22,2	20,9	26,1
	середнє	19,7	18,0	21,5	19,7	18,9
N ₁₂₀	осінь	20,0	18,6	22,6	20,4	22,9
	весна	19,6	18,4	19,2	19,1	14,9
	осінь + весна	22,2	22,6	24,8	23,2	39,8
	середнє	20,6	19,9	22,2	20,9	25,9
середнє	осінь	18,6	17,0	20,1	18,6	11,8
	весна	17,9	17,2	18,5	17,9	7,6
	осінь + весна	20,4	19,5	20,6	20,2	21,5
	середнє	19,0	17,9	19,7	18,9	13,7
НІР _{0,5}		А–0,18; В–0,15; С–0,15; АВ–0,31; АС–0,31; ВС–0,27; АВС–0,53				

На контролі (без добрив) натура зерна пшениці м'якої озимої становила 819 г/л. Різниці між добривами для формування натури зерна не зафіксовано, коливання показника було в межах від 810 г/л за внесення сульфату амонію до 813 г/л за внесення карбаміду. За нашими даними, натура зерна мала тенденцію до зниження із підвищенням дози азоту за використання всіх добрив у досліді (табл. 5.11).

Таблиця 5.11

Натура зерна пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення різними добривами після попередника соняшник, г/л, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Натура, г/л				Середня прибавка до контролю, %
		вид добрива (С)				
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра	середнє	
контроль (без добрив)		819	819	819	819	—
N ₃₀	осінь	820	814	804	813	-0,8
	весна	814	814	818	815	-0,4
	осінь + весна	816	810	816	814	-0,6
	середнє	817	813	813	814	-0,6
N ₆₀	осінь	816	816	818	817	-0,3
	весна	816	814	820	817	-0,3
	осінь + весна	802	810	810	807	-1,4
	середнє	811	813	816	813	-0,7
N ₉₀	осінь	816	812	804	811	-1,0
	весна	818	814	832	821	0,3
	осінь + весна	806	800	806	804	-1,8
	середнє	813	809	814	812	-0,9
N ₁₂₀	осінь	816	806	788	803	-1,9
	весна	812	808	814	811	-0,9
	осінь + весна	806	800	802	803	-2,0
	середнє	811	805	801	806	-1,6
середнє	осінь	817	812	804	811	-1,0
	весна	815	813	821	816	-0,3
	осінь + весна	808	805	809	807	-1,4
	середнє	813	810	811	811	-0,9
H _{IP} 0,5		А–1,6; В–1,8; С–1,6; АВ–3,1; АС–2,7; ВС–3,1; АВС–5,4				

Так, в середньому по добривах та строках підживлення натура зменшувалася із підвищенням дози азоту від 814 г/л за N_{30} до 806 г/л за N_{120} зі зниженням по відношенню до контролю у 0,6% і 1,6 % відповідно. Найбільшу натуру отримано за весняного підживлення – 816 г/л. Утім, азотне підживлення у досліді не мало агрономічного сенсу, оскільки у всіх варіантах натура зерна пшениці м'якої озимої відповідала 1 класу якості за ДСТУ 3768:2019 [163] (див. табл. 5.11).

За нашими дослідженнями, домінуючим фактором впливу на формування натури зерна пшениці м'якої озимої був рік – 49,8%. Характерна особливість – дуже високі складні взаємодії: рік×добриво×доза×строк – 10,0%, добриво×доза×строк – 8,1%, доза×строк – 4,9%. Сума взаємодій різних факторів 3-го та 4-го порядку – 30,0%, що свідчить про складну непередбачувану динаміку формування натури зерна за різних комбінацій факторів (додаток В.10).

Індекс деформації клейковини (ІДК) на контрольному варіанті без підживлення пшениці м'якої озимої становив 38 од. пр., тобто клейковина була занадто міцною, поганої якості. Найбільший ІДК отримали за підживлення аміачною селітрою – 54 од. пр. в середньому по кожному добриву, а найменше при внесенні карбаміду – 49 од. пр., сульфат амонію займав проміжне значення по показнику ІДК – 51 од. пр. Якість клейковини зростала з підвищенням дози азоту при підживленні в середньому по добривах та строках від 49 од. пр. (N_{30}) до 53 од. пр. (N_{120}) з відповідними надбавками до контролю 28,9% і 38,5%. Найбільший ІДК був за внесення азоту у осінньо-весняний строк – 54 од. пр. з надбавкою у 41,2 % (табл. 5.12). Таким чином, навіть мінімальна доза N_{30} забезпечувала значне та істотне покращення якості клейковини, роблячи її більш розтяжною. А подальше збільшення внесеного азоту було агрономічно не доцільним.

Основним фактором, який впливав на формування ІДК був рік – 66,4 %. Вид добрива впливав лише на 1,3 %, а доза на 0,7 %. Взаємодія факторів добриво×доза було відносно значним фактором – 5,0 %, що підтверджувало різну реакцію ІДК на дозу залежно від форми азоту. Вплив взаємодії рік×добриво×строк становив 5,4 %, що свідчило про нестабільність ефекту строку внесення різних добрив між роками дослідження (додаток В.11).

Таблиця 5.12

**Індекс деформації клейковини (ІДК) в зерні пшениці м'якої озимої
залежно від дози та строку підживлення різними добривами після
попередника соняшник, од. пр., 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Строк підживлення (В)	ІДК, од. пр.				Середня прибавка до контролю, %
		вид добрива (С)				
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра	середнє	
контроль (без добрив)		38	38	38	38	—
N ₃₀	осінь	55	60	45	53	40,4
	весна	48	48	40	45	19,3
	осінь + весна	50	45	50	48	27,2
	середнє	51	51	45	49	28,9
N ₆₀	осінь	38	50	55	48	25,4
	весна	43	58	53	51	35,1
	осінь + весна	50	58	58	55	45,6
	середнє	43	55	55	51	34,2
N ₉₀	осінь	45	53	55	51	34,2
	весна	48	53	65	55	45,6
	осінь + весна	48	48	58	51	35,1
	середнє	47	51	59	52	37,7
N ₁₂₀	осінь	58	43	43	48	26,3
	весна	48	43	63	51	35,1
	осінь + весна	60	55	65	60	57,9
	середнє	55	47	57	53	39,5
середнє	осінь	49	51	49	50	30,7
	весна	46	50	55	50	32,5
	осінь + весна	52	51	58	54	41,2
	середнє	49	51	54	51	35,1
НІР _{0,5}		А–1,3; В–1,5; С–1,3; АВ–2,6; АС–2,2; ВС–2,6; АВС–4,5				

Отримані дані свідчать, що число падіння пшениці м'якої озимої на контрольному варіанті без добрив становило 392 с. для всіх азотних добрив у досліді. Серед добрив в середньому найбільше число падіння було після внесення карбаміду – 395 с., а найменше – 375 с. при використанні сульфату амонію. Встановлено, що число падіння слабо змінювалося під дією азотного підживлення. Так, в середньому по добривах спостерігали коливання досліджуваного показника від 370 с. до 406 с. (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

Число падіння пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення різними добривами після попередника соняшник, секунд, 2021–2024 рр.

Доза (А)	Строк підживлення (В)	Число падіння, секунд				Середня прибавка до контролю, %
		вид добрива (С)				
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра	середнє	
контроль (без добрив)		392	392	392	392	—
N ₃₀	осінь	371	360	384	372	-5,2
	весна	408	384	367	386	-1,4
	осінь + весна	386	370	384	380	-3,1
	середнє	388	371	378	379	-3,3
N ₆₀	осінь	374	356	404	378	-3,6
	весна	457	376	386	406	3,7
	осінь + весна	401	389	394	395	0,7
	середнє	411	373	394	393	0,2
N ₉₀	осінь	416	368	375	386	-1,4
	весна	394	387	329	370	-5,6
	осінь + весна	391	382	409	394	0,5
	середнє	400	379	388	389	-0,8
N ₁₂₀	осінь	386	367	391	381	-2,7
	весна	391	383	407	394	0,4
	осінь + весна	366	382	381	376	-4,0
	середнє	381	377	393	384	-2,1
середнє	осінь	387	363	388	379	-3,2
	весна	412	382	372	389	-0,9
	осінь + весна	386	380	392	386	-1,5
	середнє	395	375	384	385	-1,9
НІР _{0,5}		А–1,2; В–1,4; С–1,2; АВ–2,5; АС–2,1; ВС–2,5; АВС–4.2				

Таким чином, азотне підживлення мало незначний вплив на формування числа падіння пшениці м'якої озимої, так як у всіх варіантах дослідження значення показника відповідало 1 класу якості зерна за ДСТУ 3768:2019 [163] (див. табл. 5.13).

За нашими дослідженнями встановлено, що фактор року був домінуючим для формування числа падіння пшениці м'якої озимої – 76,7 % дисперсії. Вид добрива впливав на 1,8 % – цей фактор був найвпливовішим серед агротехнічних факторів. Вплив на формування числа падіння фактору дози становив 0,3 %, строку підживлення – 0,4 %. Вплив комплексної взаємодії факторів: добриво×норма×строк становив 3,7 %, а факторів рік×добриво×норма×строк – відповідно 3,0 % (додаток В.12).

Якість зерна пшениці м'якої озимої по різному формувалася під впливом азотних добрив та строків підживлення після попереднику соняшник.

Так, за ДСТУ 3768:2019 [163] на контрольному варіанті без добрив та за мінімального підживлення у дозі N_{30} зерно пшениці м'якої озимої незалежно від виду добрива відповідало 4 класу якості.

Стійкий перехід до 3 класу якості зерна відбувся за підживленням пшениці у дозі N_{60} з різницею у строках: після використання карбаміду 3 клас якості зерна отримали за підживлення в осінній та осінньо-весняний строк, а за внесення сульфату амонію 3 клас якості зерна було сформовано при дробному (осінь+весна) підживленні.

При внесення аміачною селітри 3 клас зерна пшениці м'якої озимої отримали по всіх строкам підживлення у дозі N_{60} .

Після внесення карбаміду та сульфату амонію з підвищенням дози азоту до N_{90} – N_{120} зростання класності зерна пшениці не спостерігали.

Серед усіх добрив, тільки за використання аміачною селітри у осінньо-весняний строк підживлення у дозі N_{120} отримали 2 клас якості пшениці, що було обумовлено більш збалансованою формулою аміачної селітри – амонійною та нітратною (табл. 5.14).

Таблиця 5.14

**Клас якості пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку підживлення
різними добривами після попереднику соняшника, 2021–2024 р.**

Доза (В)	Строк підживлення (С)	Клас за ДСТУ 3768:2019		
		карбамід	сульфат амонію	аміачна селітра
контроль (без добрив)		4	4	4
N ₃₀	осінь	4	4	4
	весна	4	4	4
	осінь + Весна	4	4	4
	середнє	4	4	4
N ₆₀	осінь	3	4	3
	весна	4	4	3
	осінь + Весна	3	3	3
	середнє	3	4	3
N ₉₀	осінь	3	3	3
	весна	3	3	3
	осінь + Весна	3	3	3
	середнє	3	3	3
N ₁₂₀	осінь	3	3	3
	весна	3	3	3
	осінь + Весна	3	3	2
	середнє	3	3	3
середнє	осінь	3	3	3
	весна	3	3	3
	осінь + Весна	3	3	2
	середнє	3	4	3

**5.3. Ефективність доз азотного підживлення залежно від фенологічної фази
рослин пшениці м'якої озимої**

У наших дослідженнях вивчали формування основних показників якості зерна пшениці м'якої озимої: вміст білку, скловидність зерна, вміст клейковини в зерні, натура зерна, індекс деформації клейковини (ІДК) та число падіння залежно від фенологічної фази росту та розвитку на час підживлення (під час сівби, у фазу проростків, у фазу 2-3 листків пшениці, по мерзлоталому ґрунту) та

дози азоту (N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120}) за підживлення аміачною селітрою після попередника соняшник.

Встановлено, що вміст білка в зерні пшениці на контролі становив 10,5%. Зі збільшенням дози аміачної селітри з N_{30} до N_{120} вміст білка зростав у середньому відповідно з 10,8 % до 12,2 %. При цьому за підживлення у фази проростків та 2-3 листків було одержано найбільший вміст білка, який становив відповідно 11,6 % і 11,5 % в середньому по дозах внесеного азоту (табл. 5.15).

Фактор дози азоту за підживлення був домінуючим для формуванні вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої – 37,6 % дисперсії, рік впливав на 10,5 %, а строк внесення (фаза) на 7,6 %. Вплив взаємодій: рік×доза – 16,3 %, доза×строк – 9,3 %. Домінування дози (порівняно з фазою) свідчило про те, що кількість азоту є більш впливовою за час його внесення для формування вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої (додаток В.13).

Встановлено, що скловидність зерна пшениці м'якої зростала зі збільшенням дози азоту при підживленні аміачною селітрою в середньому по фазах внесення від 43 % за N_{30} до 65 % за N_{120} при значенні на контролі без добрив у 46% скловидності зерна. Оптимальним строком підживлення для отримання найбільшої скловидності були фаза проростків та 1-2 листків – 55 % і 54 % відповідно. Загалом, незалежно від дози та фенологічної фази під час підживлення, у всіх варіантах пшениця м'яка озима формувала високоякісне зерно яке відповідало 1–2 класу за ДСТУ 3768:2019 [163] (див. табл. 5.15).

Основний вплив на формування скловидності зерна пшениці м'якої озимої створював фактор доза – 46,5%. Серед взаємодій найбільш значущими були доза×строк – 19,8%, рік×доза×строк – 15,5% та рік×доза – 11,2%. Рік впливав на формування скловидності зерна пшениці лише на 0,4% (додаток В.14).

Встановлено, що вміст клейковини в зерні на контролі становив 15,8 %. З підвищенням дози азоту за підживлення вміст клейковини в зерні зростав від 17,6 % (за внесення N_{30}) до 21,3 % (за N_{120}) в середньому по фазах внесення аміачної селітри. Серед фаз при підживленні виділялися фази проростків та 1-2 листків, де отримали найбільші значення досліджуваного показника – 19,2% (див. табл. 5.15).

Таблиця 5.15

**Основні показники якості пшениці м'якої озимої залежно від дози та
фенологічної фази під час підживлення аміачною селітрою після
попередника соняшник, 2021–2024 рр.**

Доза (А)	Фенологічна фаза/строк підживлення (В)	Вміст білка %	Скловидність, %	Натура, г/л	Вміст клейковини, %	ІДК, од. пр.	Число падіння	Клас за ДСТУ 3768:2019
контроль (без добрив)		10,5	46	814	15,8	40	372	4
N ₃₀	під час сівби	10,9	44	816	17,6	40	375	4
	проростки	10,7	35	808	16,6	45	381	4
	2-3 листка	10,8	43	826	17,2	48	393	4
	мерзлоталий	10,8	52	814	19,0	45	376	4
	середнє	10,8	43	816	17,6	44	381	4
N ₆₀	під час сівби	10,8	43	814	17,8	40	384	4
	проростки	11,4	60	820	19,2	38	386	3
	2-3 листка	11,0	44	818	17,8	40	394	4
	мерзлоталий	10,4	41	820	16,8	43	372	4
	середнє	10,9	47	818	17,9	40	384	4
N ₉₀	під час сівби	11,6	61	810	19,2	35	396	3
	проростки	11,8	57	822	19,1	40	366	3
	2-3 листка	11,6	62	816	19,6	43	377	3
	мерзлоталий	10,8	52	816	18,2	33	361	3
	середнє	11,4	58	816	19,0	38	375	3
N ₁₂₀	під час сівби	11,5	56	806	19,2	38	390	3
	проростки	12,5	69	808	22,0	43	384	2
	2-3 листка	12,7	69	816	22,0	45	381	2
	мерзлоталий	12,0	65	815	21,8	40	372	3
	середнє	12,2	65	811	21,3	41	381	3
середнє	під час сівби	11,2	51	812	18,5	38	386	3
	проростки	11,6	55	815	19,2	41	379	3
	2-3 листка	11,5	54	819	19,2	44	386	3
	мерзлоталий	11,0	52	816	19,0	40	370	3
	середнє	11,2	53	815	18,9	41	380	3
НІР _{0,5}		А-0,11; В-0,11; АВ-0,23	А-1,8; В-1,8; АВ-3,5	А-1,9; В-1,9; АВ-3,9	А-0,21; В-0,21; АВ-0,42	А-1,2; В-1,2; АВ-2,3	А-1,9; В-1,9; АВ-3,9	—

За нашими дослідженнями, фактор року був найбільш значущим для формування клейковини в зерні пшениці – 56,6%, вплив фактора дози підживлення становив 20,3%. Найбільш впливові взаємодії факторів: доз×строк внесення – 7%, рік×доза×строк внесення – 6% та рік×доза – 5% (додаток В.15).

Встановлено, що коливання натури зерна за варіантами були мінімальними: 806–826 г/л, агрономічно ця різниця незначуща, так як всі значення натури у досліді відповідали 1 класу якості [163]. Максимальна натура зерна пшениці м'якої озимої – 826 г/л була одержана за підживлення із дозою N_{30} у фазу 2–3 листки, мінімальна – 806 г/л за дози N_{120} під час сівби. Спостерігалася слабка тенденція до зниження натури зерна зі збільшенням дози азоту: в середньому по строках підживлення від 818 г/л до 811 г/л. Підживлення у фазу 2-3 листків в середньому по дозах внесення аміачної селітри забезпечувало вищу натуру зерна пшениці м'якої озимої – 819 г/л (див. табл. 5.15).

Серед факторів у дослідженні рік мав найбільший вплив на формування натури зерна пшениці і становив 69,1%. Взаємодія факторів рік×доза×строк чинила вплив на 9,5%, доза×строк – 5,7% та рік×доза – 4,5%. Строк внесення аміачної селітри впливав на формування натури зерна на 3,1%, а доза підживлення на 2,5% (додаток В.16).

На контролі індекс деформації клейковини становив 40 од. пр. В середньому по строках підживлення пшениці м'якої озимої ІДК зменшувався з підвищенням дози азоту з 44 од. пр. (N_{60}) до 38 од. пр. (N_{90}), при подальшому збільшенні дози аміачної селітри до N_{120} зростав і показник ІДК до 41 од. пр. За підживлення у фенологічну фазу 2–3 листків показник ІДК був найвищим – 44 од. пр. в середньому по дозах підживлення. Мінімальне значення показника ІДК – 33 од. пр. було одержано за підживлення по мерзлоталому ґрунту у дозі N_{90} (див. табл. 5.15).

Серед факторів, які впливали на формування ІДК у дослідженні найбільш значущим був фактор року – 90,4%, що було максимумом серед усіх досліджень по якості зерна пшениці у даній роботі. Решта факторів та взаємодій мала вплив менше ніж на 5% кожен. Отже, ІДК у зерні пшениці у даному досліді повністю визначався погодними умовами років дослідження (додаток В.17).

Нами було визначено, що коливання числа падіння у зерні пшениці м'якої озимої складало від 361 с при підживленні по мерзлоталому ґрунту із дозою N_{90} до 396 с за внесення аміачної селітри під час сівби за дози N_{90} . Значення досліджуваного показника на контролі становило 372 с. В середньому по дозах підживлення пшениці внесення добрив по мерзлоталому ґрунту характеризувалося дещо нижчими значеннями числа падіння – 370 с, але всі отримані результати – в межах норми та відповідали 1 класу якості пшениці м'якої озимої незалежно від строку підживлення та доз добрив [163] (див. табл. 5.15).

Вплив фактору року на формування числа падіння був найбільший – 77,0%. Строк внесення та взаємодія дози і строку внесення аміачної селітри впливали на число падіння лише по 4%. Взаємодія рік×доза×строк – на 8% дисперсії. Формування даного показника для пшениці м'якої озимої в основному залежало від мінливих погодних умов років дослідження (додаток В.18).

Класність зерна пшениці м'якої озимої по різному формувалася під впливом різних доз азотних добрив залежно від фенологічної фази під час підживлення після попередника соняшник. Так, за ДСТУ 3768:2019 [163] на контрольному варіанті без добрив та за мінімального підживлення у дозі N_{30} зерно пшениці м'якої озимої незалежно від фенологічної фази під час підживлення відповідало 4 класу якості. В межах дози N_{60} виділялося підживлення під час фази проростків, де отримали зерно 3 класу якості, за внесення аміачної селітри в інші фенологічні фази якість відповідала 4 класу. Стійкий перехід до 3 класу якості зерна пшениці м'якої озимої незалежно від фенологічної фази розвитку відбувався за підвищення дози азоту до N_{90} , а 2 клас якості отримали лише за підживлення у дозі N_{120} у фазу проростків та 2-3 листків пшениці (див. табл. 5.15).

5.4. Сортова реакція пшениці озимої на систему азотного підживлення

Протягом 2021–2023 рр. досліджували реакцію 20 сортів пшениці м'якої озимої на осіннє азотне підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} порівняно з неудобрюваним контролем (сорт Богдана). Було визначено основні показники

якості зерна, які формували його технологічну та хлібопекарську цінність: вміст білка, вміст сирої клейковини, натура зерна, число падіння та індекс деформації клейковини (ІДК). Дослідження дозволило комплексно оцінити прямий вплив осіннього азотного підживлення і сортову специфіку реакції пшениці м'якої озимої.

Отже, вміст білка на контролі без добрив (сорт Богдана) становив 13,0 %. Коливання досліджуваного показника на фоні без удобрення було в межах від 10,2 % у сорту Привітна до 15,3 % у сорту Сприятлива. За підживлення у дозі N_{30} вміст білка в зерні складав від 11,6 % у сорту Краса Ланів до 16,5 % у сорту Привітна (табл. 5.16).

Максимальний вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої було зафіксовано у сортів Привітна та Світанкова – 16,5% та Метелиця харківська – 16,1%. Середня надбавка вмісту білка в зерні пшениці становила 2,0–3,5% порівняно з неудобрюваними варіантами, але найбільш контрастна реакція спостерігалася у сорту Привітна, де надбавка становила 6% до варіанту без удобрення, що свідчить про сильну реакцію на осіннє азотне підживлення (див. табл. 5.16).

Встановлено, що скловидність зерна у варіантах без удобрення становила 42–60 %. За внесення аміачної селітри у дозі N_{30} цей показник зростав до 75–91 %, тоді як на контролі без добрив у сорту Богдана скловидність становила 52%. Максимальні значення скловидності зерна пшениці м'якої озимої було відмічено на удобреному фоні у сортів Соловушка – 91 %, Гармоніка – 90% та Привітна – 90%. В середньому надбавка до контролю по скловидності зерна становила 25 – 35%. Найбільша реакція на осіннє азотне підживлення у дозі N_{30} спостерігалася у сортів із нижчою скловидністю, що на нашу думку свідчило про їхню високу пластичність до азотного живлення (див. табл. 5.16).

За нашими дослідженнями, в середньому за 2021 – 2022 рр. у варіантах без підживлення по кожному сорту натура зерна становила від 752 г/л до 816 г/л. Найвищі значення відмічені у сорту Диво – 816 г/л та Воздвиженка – 812 г/л. За внесення аміачної селітри у дозі N_{30} показник натури зерна знижувався до 746–804 г/л. Зменшення натури у середньому становило 5–20 г/л (див. табл. 5.16).

Таблиця 5.16

**Основні показники якості зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту
та осіннього підживлення, 2021–2022 р.**

Сорт (А)	Доза підживлення (В)	Вміст білка, %	Скловидність, %	Натура, г/л	Число падіння, с	Вміст клейковини, %	ІДК, од. пр.	Клас за ДСТУ 3768:2019
Богдана	N ₀	13,0	52	796	315	27,6	75	2
Вигадка	N ₀	12,8	60	800	295	21,8	43	3
	N ₃₀	14,7	81	788	437	24,4	20	2
Гайок	N ₀	12,4	56	810	318	23,8	55	3
	N ₃₀	15,6	82	792	466	24,8	20	2
Гармоніка	N ₀	13,4	57	788	313	28,2	68	2
	N ₃₀	15,9	90	758	565	28,8	35	1
Диво	N ₀	12,4	49	816	256	23,0	55	3
	N ₃₀	14,2	75	796	390	26,0	40	2
Запашна	N ₀	12,0	53	794	300	20,2	40	3
	N ₃₀	14,9	85	762	398	25,2	20	2
Здобна	N ₀	12,3	47	800	315	20,8	33	3
	N ₃₀	15,2	80	774	351	24,8	35	2
Краса Ланів	N ₀	12,4	46	782	284	20,0	35	3
	N ₃₀	11,1	77	778	418	24,0	20	3
Метелиця харківська	N ₀	12,2	44	768	251	21,6	50	3
	N ₃₀	16,1	79	746	302	28,4	35	1
Привітна	N ₀	10,5	54	802	294	24,0	60	4
	N ₃₀	16,5	90	790	388	29,6	50	1
Принада	N ₀	12,8	57	798	302	26,2	48	2
	N ₃₀	12,7	85	784	369	29,2	50	2
Воздвиженка	N ₀	12,9	55	812	310	22,6	58	3
	N ₃₀	15,1	85	802	399	27,2	55	2
Охтирчанка Ювілейна	N ₀	13,1	56	808	330	23,4	70	2
	N ₃₀	15,4	89	804	396	27,6	65	2
Світанкова	N ₀	13,2	56	788	255	22,2	73	3
	N ₃₀	16,5	86	792	299	26,8	50	2
Соловушка	N ₀	12,9	56	772	200	20,4	53	3
	N ₃₀	14,6	91	780	230	23,2	45	2
Диво Донецьке	N ₀	12,5	54	788	278	22,6	48	3
	N ₃₀	15,0	87	768	465	26,0	20	2
Ігриста	N ₀	12,0	51	796	296	21,6	48	3
	N ₃₀	14,7	80	786	511	25,2	30	2
Перемога	N ₀	11,9	50	800	331	22,0	65	3
	N ₃₀	13,9	81	772	402	23,2	20	2
Юзовська	N ₀	12,3	51	794	344	23,8	48	3
	N ₃₀	14,6	90	756	527	26,0	35	2
Jersy	N ₀	13,4	42	752	278	25,2	73	2
	N ₃₀	15,0	48	748	308	27,2	65	2
середнє	N ₀	12,5	52	793	292	22,8	54	3
	N ₃₀	14,8	82	778	401	26,2	37	2
НІР _{0,5}		A-0,10; B-0,09; AB-0,20	A-1,9; B-1,7; AB-3,3	A-1,6; B-1,3; AB-2,9	A-1,6; B-1,5; AB-3,2	A-0,19; B-0,16; AB-0,38	A-1,1; B-0,9; AB-2,1	—

Найбільш виражене зниження натури зерна спостерігалось у сортів Гармоніка з 788 г/л до 758 г/л та Метелиця харківська з 768 г/л до 746 г/л. Загалом, показник натури зерна пшениці м'якої озимої відповідав 1-2 класу якості зерна у всіх сортах та варіантах, окрім сорту Jersy, де натура становила 748 г/л при підживленні у дозі N_{30} [163]. До сортів із мінімальною реакцією на зміни натури зерна на азотне підживлення належали Краса Ланів, Ювілейна, Світанкова, Воздвиженка й Ігрита, де зміни показника не перевищували 4–10 г/л (див. табл. 5.16).

Число падіння пшениці м'якої озимої варіювало в межах 200 – 344 с. Найнижче значення було у сорту Соловушка – 200 с, що вказувало на підвищену активність α -амілази. За підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} показник зростав до 230 – 565 с. Максимальні значення отримано у сортів Гармоніка – 565 с, Юзовська – 527 с та Ігрита – 511 с (див. табл. 5.16).

Середня надбавка до контролю по цьому показнику становила 80–200 с. Значення показника понад 400 – 500 с відповідали високим технологічним вимогам до продовольчого зерна за ДСТУ 3768:2019 [163] (див. табл. 5.16).

Вміст клейковини в зерні пшениці м'якої озимої на неудобреному фоні знаходився у межах 20,0–28,2%. За підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} вміст клейковини в зерні зростав до 23,2–29,6%. Найвищі значення вмісту клейковини в зерні були у сортів Привітна – 29,6 % та Гармоніка – 28,8%. Середня надбавка вмісту клейковини порівняно із неудобрюваними варіантами по кожному сорту становила 2–4% (див. табл. 5.16).

Встановлено, що індекс деформації клейковини в зерні сортів пшениці м'якої озимої без удобрення становив 33–75 од. пр. Високі значення показника ІДК були характерні для сортів Богдана – 75 од. пр., Світанкова – 73 од. пр. та Jersy – 73 од. пр. За внесення аміачної селітри у дозі N_{30} ІДК знижувався до 20–65 од. пр. Мінімальні значення у 20 од. пр. було відмічено у сортів Гайок, Запашна, Краса Ланів, Перемога. В середньому зниження ІДК зерна пшениці м'якої озимої становило 10–30 од. пр., що свідчило про формування більш міцної, малорозтяжної та пружної клейковини (див. табл. 5.16).

Отже, у середньому по сортах усі досліджувані показники, окрім натури та індексу деформації клейковини, зростали на фоні осіннього підживлення у дозі N_{30} . Реакція сортів на внесення аміачної селітри у дозі N_{30} була різною, що обґрунтовувало необхідність диференційованого підходу до удобрення кожного окремого сорту.

Таким чином, за формуванням показників якості різні сорти пшениці озимої неоднаково реагували на осіннє азотне підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} . Під впливом азоту внесеного на початку вегетації восени, більшість сортів характеризувалися підвищенням класу якості зерна пшениці, за винятком сортів Краса Ланів (3 клас), Принада (2 клас), Охтирчанка Ювілейна (2 клас) та Jersy. Ці сорти за комплексом ознак якості зерна, належали до одно і того самого класу як за удобрення так і без нього.

У цілому серед 20 сортів пшениці м'якої озимої найбільшу чутливість до осіннього підживлення мали сорти Метелиця харківська та Привітна, – якість зерна у цих сортів підвищувалася відповідно з 3 та 4 класу на фоні без добрив до 1 класу за осіннього підживлення N_{30} . В середньому по сортах за підживлення аміачною селітрою у дозі N_{30} клас якості зерна пшениці м'якої озимої змінювався з 3 до 2 класу, що свідчить про доцільність осіннього підживлення навіть для покращення якості зерна (див. табл. 5.16).

Висновки до розділу 5

1. Встановлено визначальний вплив попередника на формування якості зерна пшениці м'якої озимої. Найкращі показники якості забезпечував горох, після якого вміст білка та клейковини в зерні в середньому становив відповідно 14,0 % та 26,0 %, а скловидність – 56,5 %. Натомість після соняшнику навіть за внесення максимальної дози азоту N_{120} показники якості зерна залишалися нижчими, ніж після гороху за дози N_{60} , що свідчить про високу агрономічну цінність бобового попередника.

2. Серед видів азотних добрив, які вивчалися після попередника соняшник, встановлено пріоритетність аміачної селітри, застосування якої

забезпечувало формування найвищих показників якості зерна: вмісту білка до 13,4 %, клейковини до 24,8 % та скловидності до 62,5 %.

3. Визначено перевагу дози азотних добрив над строками їхнього внесення на формування показників якості зерна. Підвищення дози азоту від N_0 до N_{120} сприяло зростанню вмісту білка в зерні на 1,1–2,6 %, клейковини – на 2,8–7,6 %, а скловидності – на 7–29 %. Оптимальними для забезпечення високих показників якості були дози N_{90} – N_{120} , які дозволяли формувати зерно 2–3 класу. Водночас підвищення норм азоту супроводжувалося зниженням натури зерна на 3–18 г/л.

4. Встановлено, що найбільш ефективним строком азотного підживлення було дробне внесення добрив (осінь + весна), яке незалежно від форми добрива та дози азоту забезпечувало підвищення вмісту білка в зерні на 0,2–0,7 % порівняно з одноразовим внесенням восени або навесні. Серед осінніх строків підживлення найкращі результати забезпечувало внесення аміачної селітри у фазі проростків та 2–3 листків, за яких вміст білка становив 12,7 %, скловидність – 69 %, натура зерна – 819 г/л, вміст клейковини – 19,2 %, а індекс деформації клейковини – 44 од. пр.

5. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив на формування показників якості зерна мав фактор року, частка якого в загальній дисперсії становила від 1 % до 77 %. Серед керованих факторів найбільш вагомими були попередник, який визначав до 46 % варіації вмісту клейковини, та доза азотного добрива, частка впливу якої на формування вмісту білка досягала 37 %.

6. Встановлено, що осіннє підживлення азотом у дозі N_{30} сприяло істотному покращенню показників якості зерна пшениці м'якої озимої. У середньому по сортах вміст білка збільшився на 2,3 %, клейковини – на 3,4 %, скловидність – на 30 %, а число падіння – на 109 с. Найвищою якістю зерна характеризувалися сорти Привітна, Гармоніка, Метелиця харківська та Світанкова, які формували зерно 1–2 класу за ДСТУ 3768:2019.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Впровадження будь-якого агротехнічного прийому у виробництво потребує не лише агрономічного, а й економічного обґрунтування. Високий рівень урожайності та якості зерна не завжди забезпечує економічну доцільність технології, оскільки зростання виробничих витрат може перевищувати вартість додатково отриманої продукції. Тому визначення економічної ефективності досліджуваних елементів технології вирощування пшениці м'якої озимої є обов'язковою складовою комплексної оцінки результатів дослідження.

Застосування системи удобрення та інших елементів технології вирощування сільськогосподарських культур неможливе без розрахунків їхньої економічної ефективності. Адже надбавки врожайності та підвищення якості вирощеної продукції рослинництва завдяки застосуванню удобрення не завжди виправдовуються збільшенням прибутку та рентабельності. Рентабельність виробництва із застосуванням добрив лише в окремих випадках буває вищою за контроль (без добрив), але завдяки оптимізації системи удобрення можна обрати варіант, за якого рентабельність буде якомога вищою [106].

Метою наших досліджень було на основі отриманих експериментальних даних провести визначення економічної ефективності застосування досліджуваних систем азотного удобрення при вирощуванні пшениці м'якої озимої. На основі одержаних результатів досліджень нами визначені загальні витрати, собівартість, прибуток та рівень рентабельності досліджуваних сортів за методикою В. П. Мартянова [166]. Для розрахунків використовували ціни на матеріально-технічні ресурси та реалізаційні ціни на зерно, що склалися на біржі у січні 2026 року. Середня ціна реалізації зерна пшениці становила 9800 грн/т. Основними критеріями економічної оцінки слугували: виробничі витрати (грн/га), собівартість продукції (грн/т), умовно чистий прибуток (грн/га) та рівень рентабельності (%).

Виробничі витрати включали вартість насіння, добрив, засобів захисту рослин, паливно-мастильних матеріалів, амортизацію техніки, оплату праці та загальновиробничі витрати. Собівартість 1 т зерна визначали діленням загальних виробничих витрат на урожайність. Умовно чистий прибуток розраховували як різницю між вартістю валової продукції та виробничими витратами. Рівень рентабельності – як відношення умовно чистого прибутку до виробничих витрат, виражене у відсотках.

6.1. Економічна ефективність вирощування пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку внесення аміачної селітри після різних попередників

Завдяки проведеному економічному аналізу було встановлено, що попередник був визначальним фактором для підвищення ефективності виробництва зерна пшениці м'якої озимої. На контролі без добрив витрати при виробництві зерна пшениці м'якої складали 21980 грн/га після будь якого попередника. Урожайність пшениці істотно різнилася за варіантами досліджень, тому це і вплинуло значною мірою на одержання прибутку. Так, після чорного пару одержали 5,07 т/га урожайності, а умовно чистий прибуток становив 28775 грн/га (131 % рентабельності), після гороху отримали 5,30 т/га зерна, умовно чистий прибуток складав 31020 грн/га (141% рентабельності), урожайність пшениці після соняшнику становила 3,09 т/га, а умовно чистий прибуток – 8302 грн/га (38% рентабельності). Горох у якості попередника для пшениці м'якої озимої забезпечував найбільшу рентабельність та умовно чистий прибуток на контрольному варіанті без удобрення, що було обумовлено підвищеним азотним фоном після бобової культури порівняно з іншими попередниками.

Підживлення пшениці м'якої озимої аміачною селітрою у дозі N_{30} (87 кг/га у фізичній масі) збільшувало витрати при виробництві зерна до 24294 грн/га, тобто додатково 2314 грн/га до контрольного варіанту (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Економічна ефективність вирощування пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку внесення
аміачної селітри після різних попередників (за цінами січня 2026 р.)**

Доза аміачної селітри	Строк підживлення	Економічні показники / Попередник														
		Чорний пар					Горох					Соняшник				
		Урожай-ність, т/га	Всього витрат, грн/га	Умовно чис-тий прибуток, грн/га	Собівар-тість, грн/т	Рентабель-ність, %	Урожай-ність, т/га	Всього витрат, грн/га	Умовно чис-тий прибуток, грн/га	Собівар-тість, грн/т	Рентабель-ність, %	Урожай-ність, т/га	Всього витрат, грн/га	Умовно чис-тий прибуток, грн/га	Собівар-тість, грн/т	Рентабель-ність, %
Контроль (без добрив)		5,07	21980	28755	4332	131	5,30	21980	31020,0	4147	141	3,09	21980	8302	7113,3	38
N ₃₀ (87 кг/га)	осінь	5,45	24294	30194	4459	124	5,77	24294	33387	4212	137	4,07	24294	15613	5966	64
	весна	5,61	24294	31827	4329	131	5,98	24294	35501	4063	146	3,79	24294	12848	6410	53
	осінь+весна	5,61	24294	31800	4331	131	5,93	24294	35021	4096	144	4,06	24294	15456	5990	64
	середнє	5,56	24294	31273	4372	129	5,89	24294	34636	4123	143	3,97	24294	14639	6115	60
N ₆₀ (174 кг/га)	осінь	5,43	26408	27873	4865	106	5,63	26408	31016	4691	117	4,57	26408	19306	5777	73
	весна	5,44	26408	28019	4852	106	5,80	26408	32735	4554	124	4,56	26408	19229	5787	73
	осінь+весна	5,53	26408	28911	4774	109	5,37	26408	28388	4916	107	4,53	26408	18892	5830	72
	середнє	5,47	26408	28268	4830	107	5,60	26408	30713	4716	116	4,56	26408	19142	5798	72
N ₉₀ (262 кг/га)	осінь	5,17	28546	24150	5525	85	5,58	28546	28376	5115	99	4,44	28546	15830	6433	55
	весна	5,18	28546	24286	5511	85	5,69	28546	29492	5017	103	4,55	28546	16953	6274	59
	осінь+весна	5,14	28546	23874	5555	84	5,65	28546	29096	5051	102	4,67	28546	18140	6114	64
	середнє	5,16	28546	24103	5530	84	5,64	28546	28988	5061	102	4,55	28546	16974	6271	59
N ₁₂₀ (349 кг/га)	осінь	5,09	30661	21299	6019	69	5,46	30661	25079	5611	82	4,54	30661	14728	6755	48
	весна	5,17	30661	22101	5927	72	5,45	30661	24938	5625	81	4,70	30661	16344	6523	53
	осінь+весна	5,11	30661	21433	6003	70	5,58	30661	26280	5492	86	4,72	30661	17526	6490	57
	середнє	5,12	30661	21611	5983	70	5,50	30661	25432	5575	83	4,65	30661	16199	6587	53
Середнє по дозах підживлення	осінь	5,28	27477	25879	5217	96	5,61	27477	29464	4907	109	4,41	27477	16369	6233	60
	весна	5,35	27477	26558	5155	99	5,73	27477	30666	4815	114	4,40	27477	16343	6248	60
	осінь+весна	5,35	27477	26505	5166	98	5,63	27477	29696	4889	110	4,49	27477	17504	6106	64
	середнє	5,33	27477	26314	5179	98	5,66	27477	29942	4869	111	4,43	27477	16739	6193	61

В середньому по строках підживлення урожайність зростала до 5,56 т/га після чорного пару, до 5,90 т/га – після гороху та до 4,00 т/га після соняшнику, а умовно чистий прибуток збільшувався відповідно до 31273 грн/га (129 % рентабельності), 34636 грн/га (143 % рентабельності) та 24294 грн/га (60 % рентабельності). Після попередників чорний пар та горох саме за цієї дози було досягнуто максимального рівня умовно чистого прибутку у всьому досліді (табл. 6.1).

За підживлення пшениці після попередника соняшник збільшення прибутку становило у середньому 6337 грн/га, що майже втричі перевищувало додаткові витрати на підживлення – 2314 грн/га, тобто найбільша окупність мінімальної дози за підживлення пшениці м'якої була саме після гіршого попередника – соняшника. Серед строків підживлення найбільша урожайність була після гороху за весняного внесення аміачної селітри – 5,98 т/га з рентабельністю в 146 %, після соняшнику осіннє та дробне внесення характеризувалися найбільшою урожайністю в межах цієї дози – 4,07 і 4,06 т/га з рентабельністю в 64 %. Таким чином, як і за вирощування без удобрення (контроль) найбільший умовно чистий прибуток з максимальною рентабельністю було одержано за підживлення пшениці м'якої озимої у дозі N_{30} після попередника горох (див. табл. 6.1).

За отриманими результатами економічного аналізу, підвищення дози азоту до N_{60} (174 кг/га) збільшувало виробничі витрати до 26408 грн/га. В середньому по строках підживлення урожайність пшениці м'якої озимої була 5,47 т/га після попередника чорний пар; 5,60 т/га – після гороху та 4,56 т/га після соняшника, з відповідним прибутком в 28268 т/га (107 % рентабельності); 30713 т/га (116 % рентабельності) та 19142 грн/га (72 % рентабельності). Після попередника соняшник рентабельність та умовно чистий прибуток при виробництві зерна порівняно із дозою N_{30} (60 %) зростали на 12% і 4503 грн/га відповідно, завдяки збільшенню урожайності на 0,58 т/га та підвищенню класу якості. Після чорного пару та гороху навпаки – рентабельність та умовно чистий прибуток знижались за підвищення дози азоту з N_{30} до N_{60} на 21 % та 27 % відповідно. Таким чином,

за підживлення пшениці м'якої озимої після традиційно гарних попередників (чорний пар та горох) збільшення дози азоту при підживленні не мало сенсу та приводило до зниження прибутковості (див. табл. 6.1).

Серед строків внесення азоту максимальну рентабельність від виробництва зерна пшениці м'якої озимої забезпечувало весняне підживлення після гороху з 124% рентабельності та 32735 грн/га умовно чистого прибутку. Після попередників чорний пар та соняшник рентабельність виробництва зерна пшениці була майже на одному рівні незалежно від строку підживлення: 106 – 109 % та 72 – 73 % відповідно (див. табл. 6.1).

Отриманні дані свідчать, що збільшення дози азоту при підживленні аміачною селітрою до N_{90} (262 кг/га) збільшувало витрати на виробництво зерна до 28546 грн/га. В середньому по строках підживлення урожайність зерна пшениці м'якої озимої знижувалася порівняно з контрольним неудобрюваним варіантом на 0,40 т/га після чорного пару і на 0,34 т/га після гороху, що спричиняло зниження умовно чистого прибутку відповідно на 4652 грн/га і на 2032 грн/га. Після попередників чорний пар та горох рентабельність залежно від строків підживлення майже не змінювалася, різниця між строками становила до 4%. Натомість після соняшнику дробне (осінь+весна) внесення добрив забезпечувало найвищу рентабельність за дози N_{90} – 64 %, що на 9 % перевищувало осіннє підживлення пшениці (див. табл. 6.1).

За підживлення пшениці м'якої озимої у максимальній дозі N_{120} (349 кг/га) в середньому по строках внесення азоту збільшувалися виробничі витрати до 30661 грн/га. Урожайність пшениці м'якої озимої, залежно від попередника, становила 5,12 т/га після чорного пару, 4,50 т/га після гороху та 4,65 т/га після соняшнику, з умовно чистим прибутком у 21611 грн/га (70 % рентабельності), 25432 грн/га (83 % рентабельності) та 16199 грн/га (53 % рентабельності) відповідно. Собівартість виробництва 1 т зерна, залежно від попередника, була від 5575 грн/т до 6587 грн/т, що було максимумом серед досліджуваних доз азоту при підживленні пшениці м'якої озимої. Після соняшнику в середньому по дозах

внесення аміачної селітри осіннє підживлення забезпечувало рентабельність лише у 48 %, що становило абсолютний мінімум серед усіх варіантів досліджу.

Таким чином, після більш кращих попередників – чорного пару та гороху максимальна рентабельність була отримана на контрольному варіанті взагалі без підживлення – 131% і 141%, тоді як після соняшника в середньому по строках підживлення при внесенні аміачної селітри у дозі N_{60} – 72%. Натомість, найбільший прибуток було отримано за внесення N_{30} після чорного пару та гороху – 31273 грн/га та 34636 грн/га відповідно в середньому по строках підживлення. Подальше збільшення зменшувало прибутковість навіть порівняно з варіантом без підживлення. Після соняшника найбільший прибуток отримали за підживлення у дозі N_{60} – 19142 грн/га в середньому по строках підживлення, подальше збільшення дози аміачної селітри призводило до зменшення прибутку.

У середньому по дозах підживлення пшениці м'якої озимої найвищу рентабельність забезпечував попередник горох – 111%, з різницею між строками від 4 % до 9 % рентабельності. Максимальний умовно чистий прибуток після попередника чорний пар одержали за весняного та дробного підживлення пшениці з невеликою різницею – 26558 грн/га і 26505 грн/га відповідно. Після попередника соняшник найбільш прибутковим строком підживлення виявився дробний (осінь+весна) – 17504 грн/га, а після гороху весняний строк внесення аміачної селітри – 30666 грн/га (див. табл. 6.1).

6.2. Економічна ефективність вирощування пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку внесення азотних добрив після попередника соняшник

За роки дослідження 2022–2024 рр. нами було визначено економічну ефективність вирощування зерна пшениці м'якої озимої за підживлення у різні строки трьома азотними добривами: аміачною селітро, карбамідом та сульфатом амонію. Усі досліджувані варіанти порівнювали з контролем без добрив, де на фоні середньої урожайності 3,09 т/га умовно чистий прибуток становив 8302 грн/га з рентабельністю 38%.

В середньому за строками внесення азотних добрив у дозі N_{30} , найбільшу урожайність та умовно чистий прибуток отримано за підживлення сульфатом амонію – відповідно 4,15 т/га та 16412 грн/га (68 % рентабельності), що було найбільшими показниками порівняно з іншими дозами азоту. За внесення аміачної селітри та карбаміду у дозі N_{30} урожайність становила у середньому відповідно 4,0 т/га і 3,86 т/га, а умовно чистий прибуток – 14639 грн/га (60 % рентабельності) та 13883 грн/га (58% рентабельності). В межах цієї мінімальної дози пшениця по різному реагувала на строки внесення досліджуваних азотних добрив. Так, при використанні селітри найбільша урожайність була однаковою за підживлення в осінній та осінньо-весняний періоди – 4,01 т/га, а умовно чистий прибуток становив відповідно 15613 грн/га та 15456 грн/га. За підживлення карбамідом виділялося осіннє внесення, за якого урожайність становила 4,05 т/га, а умовно чистий прибуток – 15714 грн/га. Максимальну врожайність та прибуток за підживлення сульфатом амонію було одержано за дробного внесення (осінь+весна) – відповідно 4,59 т/га і 20814 грн/га.

За нашими даними, доза N_{60} для пшениці м'якої озимої за використання аміачної селітри та карбаміду була найбільш прибутковою та рентабельною. Так, в середньому за строками підживлення урожайність пшениці за використання аміачної селітри у цій дозі становила 4,56 т/га з умовно чистим прибутком 19142 грн/га (72 % рентабельності), а за внесення карбаміду – відповідно 4,25 т/га та 16477 грн/га (64 % рентабельності) (табл. 6.2).

Отже, за підживлення аміачною селітрою і карбамідом саме доза N_{60} виявилася оптимальною, оскільки подальше підвищення дози азоту зменшувало умовно чистий прибуток та рентабельність виробництва. Утім, за підживлення сульфатом амонію умовно чистий прибуток за дози N_{60} зменшився на 3215 грн/га порівняно з меншою дозою N_{30} (див. табл. 6.2).

Також встановлено, що у межах дози N_{60} умовно чистий прибуток був майже на одному рівні за підживлення в осінній та весняний строки аміачною селітрою – 19306 грн/га та 19229 грн/га відповідно, з однаковою рентабельністю в 73% (див. табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Економічна ефективність вирощування пшениці м'якої озимої залежно від дози та строку внесення різних азотних добрив після попередника соняшник, за цінами січня 2026 р.

Доза азоту	Строк підживлення	Економічні показники / Попередник														
		Аміачна селітра					Карбамід					Сульфат амонію				
		Урожай-ність, т/га	Всього витрат, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Собівартість, грн/т	Рентабельність, %	Урожай-ність, т/га	Всього витрат, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Собівартість, грн/т	Рентабельність, %	Урожай-ність, т/га	Всього витрат, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Собівартість, грн/т	Рентабельність, %
Контроль (без добрив)		3,09	21980	8302	7113	38	3,09	21980	8302	7113	38	3,09	21980	8302	7113	38
N ₃₀	осінь	4,10	24294	15613	5966	64	4,05	23940	15714	5917	66	3,91	24211	14106	6192	58
	весна	3,80	24294	12848	6410	53	3,60	23940	11343	6649	47	3,93	24211	14317	6158	59
	осінь+весна	4,10	24294	15456	5990	64	3,93	23940	14591	6089	61	4,59	24211	20814	5270	86
	середнє	4,00	24294	14639	6115	60	3,86	23940	13883	6203	58	4,15	24211	16412	5841	68
N ₆₀	осінь	4,57	26408	19306	5777	73	4,39	25728	18128	5866	70	4,13	26241	14223	6355	54
	весна	4,56	26408	19229	5787	73	4,05	25728	14009	6345	54	3,87	26241	11691	6780	45
	осінь+весна	4,53	26408	18892	5830	72	4,30	25728	17295	5980	67	3,99	26241	13678	6574	52
	середнє	4,56	26408	19142	5798	72	4,25	25728	16477	6057	64	4,00	26241	13197	6565	50
N ₉₀	осінь	4,44	28546	15830	6433	55	4,37	27488	16185	6294	59	4,32	28272	14888	6550	53
	весна	4,55	28546	16953	6274	59	4,11	27488	13595	6691	49	4,33	28272	15006	6533	53
	осінь+весна	4,67	28546	18140	6114	64	4,32	27488	15686	6367	57	4,60	28272	17769	6141	63
	середнє	4,55	28546	16974	6271	59	4,26	27488	15155	6446	55	4,42	28272	15888	6402	56
N ₁₂₀	осінь	4,54	30661	14728	6755	48	4,51	29275	15854	6487	54	4,26	30288	12326	7108	41
	весна	4,70	30661	16344	6523	53	4,34	29275	14140	6743	48	4,15	30288	11208	7299	37
	осінь+весна	4,72	30661	17526	6490	57	4,37	29275	14423	6699	49	4,33	30288	12988	6999	43
	середнє	4,65	30661	16199	6587	53	4,41	29275	14806	6641	51	4,25	30288	12174	7133	40
Середнє по дозах підживлення	осінь	4,41	27477	16369	6233	60	4,33	26608	16470	6141	62	4,15	27253	13886	6551	51
	весна	4,40	27477	16343	6248	60	4,03	26608	13272	6607	50	4,07	27253	13055	6692	48
	осінь+весна	4,49	27477	17504	6106	64	4,23	26608	15499	6284	59	4,38	27253	16312	6246	61
	середнє	4,43	27477	16739	6193	61	4,19	26608	15080	6337	57	4,20	27253	14418	6485	54

За дробного (осінь+весна) строку підживлення умовно чистий прибуток знижувався на 337 – 414 грн/га. При внесенні карбаміду найбільший умовно чистий прибуток було отримано за підживлення у осінній строк – 18128 грн/га (70 % рентабельності). Інші строки були менш ефективними, зниження прибутку складало від 833 грн/га до 4119 грн/га. За використання сульфату амонію урожайність пшениці м'якої була в межах 3,87 – 4,13 т/га, а умовно чистий прибуток, залежно від строку підживлення, – від 11691 грн/га до 14223 т/га (45–54 % рентабельності) (див. табл. 6.2).

Нами було встановлено, що за підвищення дози азоту до N_{90} за підживлення пшениці м'якої озимої аміачною селітрою та карбамідом було стійке зниження умовно чистого прибутку та рентабельності порівняно із меншою дозою азоту (N_{60}). Так, в середньому за строками внесення добрив, урожайність не змінювалася, але збільшувалася собівартість на виробництво зерна пшениці до 6271 грн/т за підживлення аміачною селітрою та до 6446 грн/га за використання карбаміду. Умовно чистий прибуток та рентабельність знизились на 2168 грн/га (-13 % рентабельності) і на 1322 грн/га (-9 % рентабельності) відповідно при підживленні пшениці аміачною селітрою та карбамідом у порівнянні із дозою N_{30} . За внесення сульфату амонію навпаки – урожайність зростала на 0,42 т/га. Також збільшувався умовно чистий прибуток на 2691 грн/га (+6 % рентабельності) порівняно з дозою N_{60} , але все одно був нижчий ніж за підживлення пшениці сульфатом амонію із оптимальною дозою N_{30} на 524 грн/га. Серед строків підживлення пшениці м'якої в межах цієї дози виділялися більшим умовно чистим прибутком дробний (осінь+весна) строк внесення аміачної селітри і сульфату амонію – 18140 грн/га і 17769 грн/га відповідно та осінній за використання карбаміду – 16185 грн/га (див. табл. 6.2).

Максимальна доза азоту N_{120} за підживлення пшениці у нашому досліді характеризувалася зниженням основних показників економічної ефективності виробництва зерна за використання усіх трьох азотних добрив. Так, в середньому за строками внесення добрив умовно чистий прибуток та рентабельність зменшилися відповідно на 775 грн/га та 6 % за підживлення аміачною селітрою,

на 349 грн/га та 4 % – за внесення карбаміду та на 3714 грн/га й 16 % – за підживлення сульфатом амонію. В межах цієї дози азоту різниця прибутковості між строками внесення становила 1182 – 2798 грн/га; 1431–1714 грн/га і 662–1780 грн/га (див. табл. 6.2).

Таким чином встановлено, що у середньому за дозами підживлення пшениці м'якої озимої аміачною селітрою та сульфатом амонію дробний (осінь + весна) строк був найбільш оптимальний, де було отримано максимальні умовно чистий прибуток та рентабельність – 17504 грн/га і 54% та 16312 грн/га і 61%. Для карбаміду найбільш прибутковим і рентабельним строком підживлення пшениці виявився осінній –16470 грн/га і 62% (див. табл. 6.2).

Отримані результати узгоджуються з даними виробничої практики та підтверджують ефективність досліджуваних елементів технології вирощування, що проявляється у стабільному підвищенні продуктивності культури, зниженні витрат на вирощування, підвищенні рентабельності та їхній придатності до впровадження в умовах сучасних сільськогосподарських підприємств (додаток Е.3–Е.5).

Висновки до розділу 6

1. Встановлено, що найвищу економічну ефективність вирощування пшениці м'якої озимої забезпечував попередник горох. У середньому за строками та дозами азотного підживлення аміачною селітрою умовно чистий прибуток становив 29942 грн/га, що перевищувало аналогічний показник після чорного пару на 3628 грн/га, а після соняшнику – на 13203 грн/га.

2. Визначено, що економічно оптимальні дози азотного підживлення залежали від попередника. Після чорного пару та гороху найвищий умовно чистий прибуток забезпечувало внесення азоту в дозі N_{30} – відповідно 31273 грн/га та 34636 грн/га, тоді як після соняшнику найбільш ефективною була доза N_{60} , за якої умовно чистий прибуток становив 19142 грн/га. Найвищу рентабельність отримано на контролі без добрив після чорного пару (131 %), за

внесення N_{30} після гороху (143 %) та за внесення N_{60} після соняшнику (72 %). Подальше підвищення доз азоту призводило до зниження умовно чистого прибутку та рентабельності виробництва зерна.

3. Встановлено залежність економічної ефективності строків підживлення від попередника та виду азотного добрива. Після чорного пару найбільший умовно чистий прибуток забезпечували весняне та дробне підживлення – відповідно 26558 грн/га і 26505 грн/га. Після соняшнику найбільш економічно доцільним було дробне внесення азоту (осінь + весна), за якого умовно чистий прибуток становив 17504 грн/га, тоді як після гороху найефективнішим виявилось весняне підживлення з прибутком 30666 грн/га.

4. Встановлено, що після попередника соняшник серед досліджуваних азотних добрив найбільшу економічну ефективність забезпечувала аміачна селітра. За підживлення цим добривом умовно чистий прибуток становив 16739 грн/га за рентабельності 61 %, тоді як за використання карбаміду та сульфату амонію ці показники були нижчими.

5. Визначено залежність оптимальних доз та строків підживлення пшениці після попередника соняшник від виду добрив. Для аміачної селітри та карбаміду найбільш економічно доцільною була доза N_{60} , яка забезпечувала відповідно 19142 грн/га і 16477 грн/га умовно чистого прибутку та 72 % і 64 % рентабельності. Для сульфату амонію оптимальною була доза N_{30} , за якої умовно чистий прибуток становив 16412 грн/га, а рентабельність – 68 %. Найвищі показники економічної ефективності для аміачної селітри та сульфату амонію формувалися за дробного підживлення (осінь + весна), тоді як для карбаміду – за осіннього внесення. Подальше збільшення доз азоту економічно не виправдовувалося через зниження прибутковості та рентабельності виробництва.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нові способи вирішення важливого науково-практичного завдання, що полягає у підвищенні урожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах східної частини Лісостепу України шляхом оптимізації основних елементів технології вирощування – дози та строку азотного підживлення залежно від попередника та виду добрив. На основі трирічних польових досліджень встановлено закономірності росту, розвитку, формування структури урожайності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої різних за дії комплексу агротехнічних та біологічних факторів. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено стабільне за роками підвищення середньодобової температури повітря (у середньому на 2,63 °С, або на 24 % до багаторічної норми) й збільшення частоти осінніх та весняних посух, що негативно впливає на стартовий розвиток пшениці м'якої озимої; відмічено підвищення середньодобової температури повітря (на 3,6 °С, або на 87 %) та нестабільність опадів у зимовий та ранньовесняний періоди, а також нестабільність ГТК протягом весняно-літнього періоду за роками вирощування, що мало негативний вплив на продуктивність посівів, оскільки традиційні технології неадаптовані до таких змін клімату.

2. Встановлено істотний вплив попередників на запаси продуктивної вологи в ґрунті протягом вегетації пшениці м'якої озимої. У посівний період найбільший вміст вологи у шарі ґрунту 0–20 см забезпечували чорний пар (16,1–16,4 %) та горох (18,3–18,5 %), тоді як після соняшнику цей показник був найнижчим і становив 14,8–15,0 %. У період цвітіння – початку наливу зерна істотних відмінностей за вмістом вологи у шарі ґрунту 60–100 см між попередниками чорний пар та горох не виявлено (14,7–15,4 %), тоді як після соняшнику вологозабезпеченість залишалася нижчою (14,5–14,9 %). Кращий водний режим ґрунту після чорного пару та гороху сприяв більш повній

реалізації продуктивного потенціалу пшениці м'якої озимої та формуванню вищої врожайності порівняно з посівами після соняшнику.

3. Встановлено істотний вплив попередників на ріст і розвиток рослин пшениці м'якої озимої. Найсприятливіші умови для формування посівів створювалися після гороху та чорного пару, які забезпечували вищі запаси продуктивної вологи в ґрунті порівняно із соняшником. За цих умов формувалися найвищі показники висоти рослин (75,8–81,1 см) та інтенсивніше відбувалося накопичення надземної маси. Встановлено, що продуктивність посівів визначалася насамперед показниками продуктивності колоса, про що свідчать достовірні позитивні кореляційні зв'язки між урожайністю, масою зерна та кількістю зерен з колоса ($r = 0,52\text{--}0,88$).

4. Встановлено визначальну роль попередників та азотного удобрення на врожайність пшениці м'якої озимої. Найвищу урожайність у середньому за 2021–2024 рр. забезпечував горох (5,66 т/га), що перевищувало показники після чорного пару на 0,33 т/га, а після соняшнику – на 1,23 т/га. Разом з тим, після соняшнику культура характеризувалася найбільшою реакцією на азотне підживлення, де середня прибавка урожайності становила 44 %, тоді як після чорного пару та гороху – лише 3 % та 7 % відповідно.

5. Визначено ефективність видів добрив та доз азотного підживлення залежно від попередника. Після чорного пару та гороху оптимальною була доза N_{30} , тоді як після соняшнику – N_{60} . Серед досліджуваних добрив найбільш ефективною була аміачна селітра, яка забезпечувала середню прибавку урожайності 1,34 т/га (44 %), тоді як карбамід і сульфат амонію – 1,10–1,11 т/га (36 %). Подальше підвищення доз азоту не забезпечувало істотного збільшення урожайності.

6. Встановлено, що строки внесення азотних добрив мали менший вплив на урожайність, ніж попередник, вид добрива та доза азоту. Для аміачної селітри істотних відмінностей між строками підживлення не виявлено, тоді як для карбаміду та сульфату амонію найбільш ефективним було дробне внесення (осінь + весна). Осіннє підживлення у фазі проростків та 2–3 листків не

поступалося за ефективністю традиційному підживленню по мерзлоталому ґрунту, а в окремі роки забезпечувало вищу урожайність.

7. Встановлено, що за застосування різних азотних добрив у дозі N_{60} спосіб їх внесення (вразкид або локально сівалкою) не мав істотного впливу на рівень урожайності пшениці м'якої озимої. В усіх варіантах удобрення отримано достовірні прибавки урожайності порівняно з контролем без добрив, тоді як різниця між способами внесення переважно не перевищувала HP_{05} . Формування продуктивності культури більшою мірою визначалося видом добрива, строком проведення підживлення та погодними умовами вегетаційного періоду, ніж способом його внесення.

8. Встановлено, що попередник був одним із ключових факторів формування якості зерна пшениці м'якої озимої. Найкращі показники якості забезпечував горох, після якого вміст білка досягав 14,0 %, клейковини – 26,0 %, а скловидність зерна – 56,5 %. Навіть за внесення N_{120} після соняшнику показники якості залишалися нижчими, ніж після гороху за дози N_{60} .

9. Визначено істотний вплив азотного живлення на технологічні показники якості зерна. Підвищення дози азоту від N_0 до N_{120} сприяло збільшенню вмісту білка на 1,1–2,6 %, клейковини – на 2,8–7,6 %, скловидності – на 7–29 % та забезпечувало формування зерна 2–3 класу якості. Найвищі показники якості формувалися за використання аміачної селітри та дробного підживлення, яке підвищувало вміст білка на 0,2–0,7 % порівняно з одноразовим внесенням азоту.

10. Економічний аналіз підтвердив доцільність диференційованого застосування азотних добрив залежно від попередника. Найвищі показники економічної ефективності забезпечувало вирощування пшениці після гороху, де умовно чистий прибуток досягав 34636 грн/га, а рентабельність – 141 %. Після чорного пару економічно виправданим було вирощування пшениці без внесення високих доз азоту (рентабельність до 126 %), тоді як після соняшнику найбільш ефективним було підживлення аміачною селітрою у дозі N_{60} , що забезпечувало умовно чистий прибуток 19142 грн/га та рентабельність до 70 %.

11. Встановлено, що осіннє підживлення аміачною селітрою в дозі N_{30} після чорного пару є ефективним агротехнічним заходом підвищення урожайності та покращення якості зерна пшениці м'якої озимої. Застосування азотного підживлення забезпечувало достовірне підвищення врожайності всіх досліджуваних сортів, при цьому найбільшою відгукуваністю характеризувалися сорти Диво, KWS Jersey, Здобна, Запашна та Світанкова, у яких прибавка урожайності становила 0,72–0,83 т/га, або 13–15 % відносно контролю. Одночасно відзначено істотне покращення технологічних показників якості зерна: вміст білка зріс у середньому на 2,3 %, клейковини — на 3,4 %, скловидність — на 30 %, а число падіння — на 109 с, що забезпечило підвищення класу зерна з третього до другого. Найвищі показники якості сформували сорти Привітна, Гармоніка, Метелиця харківська та Світанкова, зерно яких відповідало вимогам 1–2 класу за ДСТУ 3768:2019. Виявлені відмінності між сортами свідчать про суттєвий вплив генотипу на ефективність використання азотного живлення та реалізацію потенціалу продуктивності і якості зерна.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Результати польових досліджень, проведених у 2020–2024 рр. в умовах східної частини Лісостепу України показали, що підвищення урожайності та якості зерна пшениці м'якої озимої досягається за рахунок комплексної оптимізації азотного підживлення, зокрема доз та строків внесення різних азотних добрив. На основі одержаних результатів досліджень у сільськогосподарських підприємствах рекомендовано:

1. Для забезпечення максимальної врожайності та якості зерна за мінімальних витрат на мінеральні добрива у технології вирощування пшениці м'якої озимої надавати перевагу таким попередникам як горох та чорний пар, що забезпечуватиме рентабельність на рівні 98–111 %.

2. Рекомендована доза азоту за підживлення пшениці озимої після оптимальних попередників (горох, чорний пар) має становити в межах N_{30} , що забезпечуватиме середню надбавку врожайності 0,49–0,59 т/га і рентабельність 129–143%. А за вирощування пшениці після попередника соняшник дозу азоту доцільно збільшувати до N_{60} для отримання надбавки 1,47 т/га і 72% рентабельності.

3. За підживлення пшениці м'якої озимої після попередника соняшник надавати перевагу аміачній селітрі, що в середньому забезпечуватиме надбавку врожайності порівняно з карбамідом та сульфатом амонію у 0,23–0,24 т/га з рентабельністю близько 61%.

4. У технології підживлення пшениці рекомендовано застосовувати дробне внесення добрив, за якого половину дози азоту вносити восени, а іншу половину – навесні після відновлення вегетації, що після чорного пару та гороху забезпечуватиме підвищення урожайності зерна 2 класу якості у середньому на 0,19–0,33 т/га, а після попередника соняшник дозволить отримати зерно 3 класу з надбавкою 1,40 т/га порівняно з фоном без добрив.

5. У разі неможливості проведення дворазового підживлення восени та навесні, доцільно застосовувати осіннє підживлення пшениці озимої у фазу

проростків, або 1–2 листків, що забезпечуватиме прибавку урожайності 1,27–1,34 т/га у порівнянні із неудобрюваним фоном.

6. З метою найбільш раціонального використання ресурсів та отримання максимальної ефективності підживлення пшениці озимої в осінній період (незалежно від умов року), а також у весняний період за умов доброго зволоження ґрунту проводити розкидним способом, і лише за весняного підживлення у посушливі роки застосовувати прикореневе підживлення за допомогою сошників сівалки.

7. Вирощувати адаптовані до умов східної частини Лісостепу України сорти пшениці м'якої озимої такі як Вигадка, Гармоніка, Диво, Запашна, Здобна, Привітна, Принада, Світанкова, Диво Донецьке, Перемога, Jersy та інші, які характеризуються підвищеною відгукуваністю на азотне підживлення та забезпечують середню надбавку урожайності зерна 1–2 класу якості на рівні 0,61–0,83 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Власов В. Хто і скільки збирає у світі зерна. Зерно і хліб. 2001. № 4. С. 27–29.
2. Селекція, насінництво і технологія вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України / за ред. В. Т. Колючого, В. А. Власенка, Г. Ю. Борсука. Київ: Аграрна наука, 2007. 800 с.
3. Лопушняк В. І. Біоенергетична оцінка системи удобрення озимого жита на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України. Сільський господар. 2000. № 11–12. С. 20–21.
4. Кульбіда М., Адаменко Т. Зерновому господарству України найбільших збитків завдають посухи. Зерно і хліб. 2008. № 1. С. 8–9.
5. Шелепов В. В., Чебаков Н. П., Вергунов В. А., Кочмарський В. С. Пшеница: история, морфология, биология, селекция. Миронівка: Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла, 2009. 525 с.
6. Шелепов В. В., Маласай В. М., Пензев А. Ф. Спеціалізовані шкідники пшениці з великим ареалом поширення. У: Морфологія, біологія, господарська цінність пшениці / за ред. В. В. Шелепова. Миронівка: Миронівська типографія, 2004. С. 340–353.
7. Саблук П. Т., Калієв Г. А. Світове і регіональне виробництво аграрної продукції. Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2008. 210 с.
8. Соколов В. М., Литвиненко М. А., Попереля Ф. О., та ін. Чому занепала колишня слава найкращої пшениці світу. Зерно і хліб. 2003. № 3. С. 30–32.
9. Попереля Ф. А., Соколов В. М., Каштанов А. С. Некоторые проблемы качества товарного зерна украинской пшеницы. Хранение и переработка зерна. 2000. № 5. С. 10–15.
10. Калінчик М. В., Шовкалюк В. С., Калінчик І. М. Стабілізація виробництва зерна в Україні. Економіка АПК. 2004. № 4. С. 31–36.

11. Попереля Ф. А., Маласай В. М., Пензев А. Ф., та ін. Науково-обґрунтована система землеробства. У: Концепція розвитку агрофірми «Шахтар» орендного підприємства «Шахта ім. А. Ф. Засядька» / за ред. Е. Л. Звягільського. Харків : РІП «Оригінал», 2000. С. 128–170.
12. Лихочвор В. В. The resource-saving technology of winter wheat growing. Ukrainian-Austrian Symposium «Agriculture: Science and Practice»: Collection of Abstracts. Львів, 1996. С. 53.
13. Онищук Д. М., Лихочвор В. В. Technology of sustainable winter wheat cultivation in Ukraine. Ukrainian-Austrian Symposium «Agriculture: Science and Practice»: Collection of Abstracts. Lviv : 1996. Р. 16–18.
14. Попереля Ф. О., Соколов В. М., Литвиненко М. А., Червоніс М. В., Топораш І. Г., Небеленчук В. Ф. Стратегія вирощування і визначення якості зерна пшениці в умовах України. Хранение и переработка зерна. 2003. № 5. С. 8–11.
15. Підсумки заключного обліку посівних площ сільськогосподарських культур під урожай 2005 року : стат. бюлетень. Київ : Держкомстат, 2005. 39 с.
16. Непочатов М. І. Оптимізація основних елементів технології вирощування сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах східної частини Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Харків, 2010. 188 с.
17. Орлюк А. П., Гончарова К. В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці. Херсон : Айлант, 2002. 276 с.
18. Підсумки заключного обліку посівних площ сільськогосподарських культур під урожай 2005 року : стат. бюлетень. Київ : Держкомстат України, 2005. 39 с.
19. Авраменко С. В. Урожайність пшениці озимої залежно від комплексу агротехнічних прийомів вирощування. Вісник аграрної науки. 2012. № 5. С. 23–25.
20. Азізов С. П., Саблук П. Т., Канінський П. К. Організація аграрного виробництва і бізнесу : підручник / за ред. С. П. Азізова, П. Т. Саблука. Київ : ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2006. 790 с.

21. Лебідь Є. М., Рибка В. С., Шевченко М. С., Компанієць В. О. Основні напрями та шляхи подолання кризового стану в зерновиробництві. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2003. № 21/22. С. 3–11.
22. Мельник П. П. Економічний прогноз і якість зерна озимої пшениці в зоні Степу України. Інтегрований захист рослин. 2004. С. 69–76.
23. Дробот В. І., Мартьянов В. П., Соловійов М. Ф., Токар А. В., Шиян В. Й. Бізнес-план розвитку сільськогосподарського підприємства: навчальний посібник. Київ : Мета, 2003. 336 с.
24. Нестерець В. Г., Компанієць В. О., Кулешів О. О. Технологічні заходи вирощування озимої пшениці та економічна ефективність її виробництва у південно-східній частині Степу. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2008. № 35. С. 44–48.
25. Калашников О. М. Фінанси підприємств. Формування та використання прибутку сільськогосподарського підприємства : методичні вказівки та завдання. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2003. 46 с.
26. Любович О. М., Кучеревський О. С., Ісаєнко О. О., Авраменко С. В. та ін. Особливості вирощування сільськогосподарських культур в умовах 2008 року (рекомендації). Дніпропетровськ : Інститут зернового господарства НААН України, 2008. 28 с.
27. Ресурсозберігаюча і екологічно чиста технологія вирощування озимої пшениці / за ред. Л. О. Животкова, О. К. Медведовського. Київ : Урожай, 1992. 221 с.
28. Кононюк Л. М. Урожайність озимої пшениці за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу. Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. Київ, 2004. Вип. 1. С. 48–53.
29. Anderson K. Comparison of programmed and supervised control systems for field crops. Bulletin OEPP/EPPO. 1984. Vol. 14. No. 3. P. 409–416.
30. Юник А. В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від агротехнічних чинників. Вісник аграрної науки. 2001. № 9. С. 71–73.

31. Примак І. Д., Вергунов В. А., Рошко В. Г. та ін. Системи землеробства: історія їх розвитку і наукові основи / за ред. І. Д. Примака. Біла Церква : БДАУ, 2004. 528 с.
32. Попов С. І., Тимчук В. М., Сало О. С., Авраменко С. В. Ключові фактори, що впливають на врожай озимої пшениці. Agroexpert : практичний посібник аграрія. Київ, 2008. С. 18–20.
33. Кириченко В. В., Зверев В. О., Жорник М. І. та ін. Комплекс заходів по організації збирання ранніх зернових культур в господарствах Харківської області в 2009 році. Харків : Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, 2009. 36 с.
34. Лісовий М. П., Ретьман С. В. Причини зниження урожаю зерна пшениці озимої в Поліссі та Лісостепу в 2001 році. Вісник аграрної науки. 2002. № 3. С. 20–24.
35. Просунько В. М. Як впливатиме зміна клімату на рослинництво (прогнози вчених). Селекція і насінництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2006. Вип. 93. С. 3–9.
36. Адаменко Т. І. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату. Агроном. 2007. № 1 (15). С. 8–11.
37. Ромащенко М. І., Собко О. О., Савчук Д. П., Кульбіда М. І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату : наукова доповідь-інформація. Київ : Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. 46 с.
38. Бойченко С. Г., Волощук В. М., Дорошенко І. А. Глобальне потепління та його наслідки на території України. Український географічний журнал. 2000. № 2. С. 59–68.
39. Адаменко Т. І. Изменение агроклиматических условий и их влияние на зерновое хозяйство Украины. Хранение и переработка зерна. 2004. № 10. С. 21–24.
40. Попов С., Цехмейструк М., Рябчун Н. Кліматична ситуація на більшості території зони Лівобережного Лісостепу минулої осені виявилася

сприятливою для росту та розвитку озимих. *Зерно і хліб*. 2013. № 1 (69). С. 30–32.

41. Попов С., Цехмейструк М., Рябчун Н., Леонов О. Як погода і добрива впливають на якість озимої пшениці. *Agroexpert*. 2013. № 3 (56). С. 40–42.

42. Костромитин В. М. Оценка адаптивного потенциала сортов зерновых культур в опытах факториального и экологического сортоизучения. У: Урожай и адаптивный потенциал экологической системы поля. Киев, 1991. С. 45–51.

43. Атанасова І. Агроекологічний моніторинг ґрунтів як основа сталого розвитку аграрного виробництва. У: Агроекологічний моніторинг ґрунтів як основа сталого розвитку аграрного виробництва : матеріали міжнародної наукової конференції. Київ, 2002. 160 с.

44. Куценко О. М., Писаренко В. М. Агроекологія. Київ: Урожай, 1995. 254 с.

45. Кучерявий В. П. Екологія. Львів: Світ, 2000. 499 с.

46. Кулик М. І. Вплив агроекологічних факторів на врожайність і якість зерна озимої м'якої пшениці в центральній частині Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Харків, 2008. 216 с.

47. Глухова Н., Єльніков М., Рябчун Н. Як підвищити зимостійкість озимої пшениці. *Пропозиція*. 2006. № 8. С. 48–50.

48. Рибалка О. І. Сортіві особливості зерна як фактор стабільної якості. *Хранение и переработка зерна*. 2006. № 5. С. 34–38.

49. Лихочвор В. В. Шляхи підвищення якості зерна озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Львівського державного аграрного університету*. 2001. № 5. С. 170–177.

50. Лихочвор В. В. Озима пшениця. Шляхи підвищення врожайності. *Зерно і хліб*. 2001. № 2. С. 16–17.

51. Лебідь Є. М., Черенков А. В., Солодушко М. М. та ін. Особливості вирощування озимої пшениці у Степу України. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла*. 2008. Вип. 8. С. 335–344.

52. Колючий В. Т., Блохін М. І. Якість зерна пшениці. У: Селекція, насінництво і технології вирощування зернових культур у Лісостепу України. Київ : Аграрна наука, 2007. С. 258–262.
53. Литвиненко М. А., Чайка В. Г. Сорти універсального типу. Характеристика особливостей на фоні різних строків сівби. Насінництво. 2010. № 3. С. 1–6.
54. Авраменко С. В. Агротехнологічні основи управління продукційним процесом озимих зернових культур у Лівобережному Лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Харків, 2018.
55. Волощук М. Д., Дука Л. В., Сеньків Г. Й. Короткоротаційні сівозміни в Західному регіоні України. У: Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН”. 2001. Вип. 1/2. С. 105–115.
56. Гангур В. В., Коваленко Н. П. Ефективне розміщення зернових культур у сівозмінах Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2003. № 4. С. 35–37.
57. Городній М. М., Мазуркевич Л. І., Кудрявицька А. М. Вплив добрив на врожайність і якість зерна пшениці в умовах Північного Лісостепу. У: Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН”. 2003. Вип. 4. С. 39–44.
58. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. Землеробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2015. Вип. 1. С. 23–27.
59. Круть В. М., Фесенко Г. П. Наукові основи екологічного землеробства. Київ : Урожай, 1995. 176 с.
60. Лебідь Є. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А. Сівозміни при інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1992. 224 с.
61. Бойко П., Коваленко Н. Зерновые севообороты и структура посевных площадей Лесостепи. Зерно. 2007. № 6. С. 22–25.
62. Гайваненко О. М., Бурикiна С. І., Архипенко З. П., Коваленко О. В. Продуктивність озимої пшениці в залежності від попередника та добрив. Вісник аграрної науки Південного регіону. Серія «Сільськогосподарські та біологічні науки». 2005. Вип. 6. С. 52–59.

63. Патик С. Короткоротаційні сівозміни в умовах Степу України. Пропозиція. 2010. № 2 (176). С. 58–61.
64. Манько К. М., Цехмейструк М. Г. Озимі зернові після нетрадиційних попередників. АгроПерспектива. 2010. № 3 (122). С. 27–29.
65. МакКорни Б., Миллер П., Косолап Н. Сколько влаги оставляет предшественник. Зерно. 2009. № 1. С. 48–55.
66. Гирка А. Чи любить озимина воду. АгроПерспектива. 2010. № 1 (120). С. 36–37.
67. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на поживний режим ґрунту та урожайність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. Scientific Progress & Innovations. 2023. Т. 26, № 3. С. 11–16. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.02
68. Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Судденко Ю. М., Заїма О. А., Лось Р. М., Хоменко Т. М. Вплив попередників та строків сівби на врожайність сортів *Triticum aestivum* L. в умовах Центрального Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2023. Т. 19, № 3. С. 141–147. DOI: 10.21498/2518-1017.19.3.2023.287637
69. Авраменко С. В. Урожайність пшениці озимої після непарових попередників у східній частині Лісостепу України. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2011. № 11. С. 16–20.
70. Авраменко С., Цехмейструк М., бокий О., Шелякін О. Озима пшениця по пару. Агробізнес сьогодні. Київ, 2012. № 21. С. 26–28.
71. Попов С. І., Авраменко С. В. Стабілізація врожайності сортів пшениці озимої залежно від системи обробітку ґрунту в сівозміні після попередників чорний пар та горох. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. Харків: ПП «Стиль-Іздат», 2016. № 21. С. 79–86.
72. Русанов В. І. Урожайність провідних сільськогосподарських культур у сівозмінах та за безмінного їх вирощування. Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН. 2006. Вип. 5. С. 198–203.

73. Квасніцька Л. С. Продуктивність озимої пшениці залежно від попередників та системи удобрення. Новітні технології виробництва конкурентноспроможної продукції рослинництва: науково–практична конф. молодих вчених і спеціалістів: матеріали. Чабани, 2005. С. 39–41.

74. Колісник В. І. Урожайність і якість зерна пшениці озимої при застосуванні сидератів в умовах Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Харків, 2009. 187 с.

75. Гангур В. В., Котляр Ю. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. Scientific Progress & Innovations. 2021. № 1. С. 122–127. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.14.

76. Десятник Л. М. Продуктивність озимої пшениці в залежності від попередників та добрив при вирощуванні її на звичайному чорноземі північного Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.01. Дніпропетровськ, 2004. 16 с.

77. Савранчук В. В. Агробіологічне обґрунтування процесів формування урожайності та якості зерна різних сортів озимої пшениці в північному Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Дніпропетровськ, 2004. 21 с.

78. Чмирь С. М. Зміни у структурі посівних площ в Україні. Вісник аграрної науки. 2007. № 6. С. 70–72.

79. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

80. Попов С. І., Авраменко С. В., Непочатов М. І. Реакція сортів пшениці озимої на системи удобрення після попередника чорний пар залежно від року вирощування у східній частині Лісостепу України. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 102. С. 162–168.

81. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивної вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 3. С. 11–14. DOI: 10.31210/visnyk2018.03.01

82. Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Таравська О. В. Вплив систем удобрення і попередників на врожай та якість зерна пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 69, ч. 2. С. 137–153.
83. Авраменко С. В. Підвищення врожайності озимих зернових культур після попередника соняшник у східній частині Лісостепу України. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2013. Вип. 15. С. 4–9.
84. Манько К. М., Костромітін В. М., Музафаров Н. М. Вплив нетрадиційних попередників на урожайність сортів і гібридів жита озимого. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2010. Вип. 8. С. 64–70.
85. Schlegel A. J., Assefa Y., Haag L. A., Thompson C. R., Stone L. R. Yield and overall productivity under long-term wheat-based crop rotations: 2000 through 2016. *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 111, No. 1. P. 264–274. DOI: 10.2134/agronj2018.03.0171
86. Ткачук О. П. Фітосанітарний стан агроєкосистеми пшениці озимої залежно від попередників бобових багаторічних трав. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. № 1. С. 30–33. DOI: 10.31395/2310-0478-2021-1-30-33
87. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Харків : ШТРИХ, 2005. 167 с.
88. Світовий В. М. Баланс поживних речовин та ефективність застосування добрив за різних систем удобрення в зерно-буряковій сівозміні. Аграрний вісник Причорномор'я. 2001. Вип. 12. С. 141–146.
89. Гангур В. В., Маренич М. М., Сокирко Д. Д. Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Т. 28, № 1. С. 63–67. DOI: 10.31210/spi2025.28.01.11
90. Звонар А. М. Вплив погодних умов року та сортових особливостей на споживання азоту та формування якості зерна пшениці озимої. Український

чорноморський аграрний науковий журнал. 2020. Т. 24, № 3. С. 87–95. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-11

91. Герасимчук О. П., Костецька К. В. Формування технологічних властивостей зерна пшениці озимої за внесення різних доз азотного живлення. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2022. № 1. С. 64–69.

92. Артюх О. Д. Вплив погодних умов на якість зерна пшениці озимої після різних попередників. Вісник аграрної науки. 2001. № 3. С. 26–28.

93. Баган А. В. Технологічні показники якості зерна сортів озимої пшениці та їх взаємозв'язок. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2007. № 2. С. 139–143.

94. Бараболя О. В., Барат Ю. М., Кулик М. І., Онопрієнко О. В. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення та погодних умов вегетаційного періоду. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 2. С. 3–9.

95. Masclaux-Daubresse G., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L., Suzuki A. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*. 2010. Vol. 105, No. 7. P. 1141–1157. DOI: 10.1093/aob/mcq028

96. Овчарук О. В., Овчарук В. І., Хомина В. Я., Мостіпан М. І., Кулик Г. А. Методи аналізу в агрономії та агроекології : навч. посіб. Кам'янець-Подільський, 2019. 361 с.

97. Barabolia O. V., Doronin S. V. Influence of weather conditions and fertilizer systems on the winter wheat yield. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26, No. 1. P. 24–30. DOI: 10.31210/spi2023.26.01.04.

98. Popov S. I., Avramenko S. V., Shevchenko T. V. Effectiveness of root nitrogen fertilization of winter wheat under dry autumn conditions in the eastern forest-steppe of Ukraine. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*. 2019. No. 5 (794). P. 22–30.

99. Попов С. І. Формування врожайності та якості зерна озимої пшениці в умовах східної частини Лісостепу України. *Агробіологія*. 2009. Вип. 1(64). С. 128–137.
100. Жемела Г. П. та ін. Роль погодних факторів у формуванні врожайності і поліпшенні якості зерна озимої пшениці. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2007. № 2. С. 10–16.
101. Hlisnikovský L., Menšík L., Roman M., Kunzová E. The evaluation of a long-term experiment on the relationships between weather, nitrogen fertilization, preceding crop, and winter wheat grain yield on Cambisol. *Plants*. 2024. Vol. 13, No. 6. Article 802. DOI: 10.3390/plants13060802.
102. Chang J. M., Clay D. E., Carlson C. G., Reese C. L., Clay S. A., Ellsbury M. M. Defining yield goals and management zones to minimize yield and nitrogen and phosphorus fertilizer recommendation errors. *Agronomy Journal*. 2004. Vol. 96, No. 3. P. 825–831. DOI: 10.2134/agronj2004.0825.
103. Johnson G. V., Raun W. R. Nitrogen response index as a guide to fertilizer management. *Journal of Plant Nutrition*. 2003. Vol. 26, No. 2. P. 249–262. DOI: 10.1081/PLN-120017134.
104. Jonczuk K., Stalenga J. Yielding of new quality varieties of winter wheat cultivated in organic farming. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 61, No. 3. P. 200–205.
105. Shejbalova S., Cerny J., Mitura K., Lipinska K. J., Kovarik J., Balik J. The influence of nitrogen fertilization on quality of winter wheat grain. *MendelNet 2014: Proceedings of International PhD Students Conference*. Brno, 2014. P. 105–109.
106. Jansone I., Gaile Z. Production of bioethanol from starch based agriculture raw material. *Research for Rural Development 2013: Annual 19th International Scientific Conference Proceedings*, 15–17 May 2013. Jelgava, Latvia, 2013. Vol. 1. P. 35–41.
107. Овчарук О. В., Овчарук О. В., Федорук І. В. Особливості азотного живлення пшениці озимої // *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія та практика*. 2019. С. 163–165.

108. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього внесення різних доз та видів азотних добрив на урожайність пшениці озимої після попередника соняшник. *Plant Breeding and Seed Production*. 2024. Т. 125. С. 94–101. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.306975.

109. Dogan R., Bilgili U. Effects of previous crop and N-fertilization on seed yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain-fed Mediterranean conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2010. Vol. 16, No. 6. P. 733–739.

110. Чумак В. С., Євтушенко В. В., Циліурик О. І. Вплив погодних умов, попередників, добрив на продуктивність озимої пшениці. *Бюлетень Інституту зернового господарства*, 2002. № 18–19. С 78–81.

111. Авраменко С. В., Попов С. І. Урожайність і якість зерна озимої пшениці залежно від технології вирощування по кукурудзі на силос. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2008. № 35. С. 39–44.

112. Mahler R. L., Koehler F. E., Lutcher L. K. Nitrogen source, timing of application, and placement: effects on winter wheat production. *Agronomy Journal*. 1994 Vol.86, No.4. P.637–642. DOI:10.2134/agronj1994.00021962008600040010x.

113. Попов С. І., Авраменко С. В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від доз і способів внесення добрив у Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2009. № 7. С. 172–179.

114. Попов С. І. Агроекологічні аспекти формування врожайності та якості зерна пшениці озимої і ярої в східному Лісостепу України : дис. ... д-ра с. г. наук: 06.01.09. Харків, 2009. 455 с.

115. Євтушенко М. Д., Будьонний Ю. В., Попов С. І. та ін. Технологічні карти і витрати на вирощування зернових і просапних культур у східному регіоні України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2006. 493 с.

116. Kostić M. M., Tagarakis A. C., Ljubičić N., Blagojević D., Radulović M., Ivošević B., Rakić D. The effect of nitrogen fertilizer application timing on wheat yield on chernozem soil. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, No. 7. Article 1413. DOI: 10.3390/agronomy11071413.

117. Eck H. V. Winter wheat response to nitrogen and irrigation. *Agronomy Journal*. 1988. Vol. 80. P. 902–908. DOI: 10.2134/agronj1988.00021962008000060013x.
118. Tagarakis A. C., Ketterings Q. M. In-season estimation of corn yield potential using proximal sensing. *Agronomy Journal*. 2017. Vol. 109, No. 4. P. 1323–1330. DOI: 10.2134/agronj2016.12.0732.
119. Bushong J. T., Arnall D. B., Raun W. R. Effect of preplant irrigation, nitrogen fertilizer application timing, and phosphorus and potassium fertilization on winter wheat grain yield and water use efficiency. *International Journal of Agronomy*. 2014. Vol. 2014. Article 312416. 12 p. DOI: 10.1155/2014/312416.
120. Vaughan B., Westfall D. G., Barbarick K. A. Nitrogen rate and timing effects on winter wheat grain yield, grain protein, and economics. *Journal of Production Agriculture*. 1990. Vol. 3, No. 3. P. 324–328. DOI: 10.2134/jpa1990.0324.
121. Giordano N., Sadras V. O., Correndo A. A., Lollato R. P. Cultivar-specific phenotypic plasticity of yield and grain protein concentration in response to nitrogen in winter wheat. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 306. Article 109202. DOI: 10.1016/j.fcr.2023.109202.
122. Chen Z., Wang H., Liu X., Zhao X., Lu D., Zhou J., Li C. The effect of nitrogen fertilizer placement on the fate of urea-15N and yield of winter wheat. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11, No. 4. Article e0153701. DOI: 10.1371/journal.pone.0153701.
123. Hlisnikovsky L., Kunzova E., Hejcman M., Dvoracek V. Effect of fertilizer application, soil type, and year on yield and technological parameters of winter wheat (*Triticum aestivum*) in the Czech Republic. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2015. Vol. 61, No. 1. P. 33–53. DOI: 10.1080/03650340.2014.921808.
124. Rozbicki J., Ceglińska A., Gozdowski D., Jakubczak M., Cacak-Pietrzak G., Mądry W., Golba J., Piechociński M., Sobczyński G., Studnicki M., Drzazga T. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 61. P. 126–132. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.11.001.
125. Golba J., Studnicki M., Gozdowski D., Mądry W., Rozbicki J. Influence of genotype, crop management, and environment on winter wheat grain yield

determination based on components of yield. *Crop Science*. 2018. Vol. 58, No. 2. P. 660–669. DOI: 10.2135/cropsci2017.07.0425.

126. Duggan B. L., Richards R. A., van Herwaarden A. F., Fettell N. A. Agronomic evaluation of a tiller inhibition gene (tin) in wheat. I. Effect on yield, yield components, and grain protein. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56, No. 2. P. 169–178. DOI: 10.1071/AR04152.

127. Szafrńska A., Cacak-Pietrzak G., Sułek A. Influence of nitrogen fertilization and retardants on baking value of the winter wheat. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Agronomy*. 2008. Vol. 11, No. 4. Art. 28.

128. Cacak-Pietrzak G. *Studia nad wpływem ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji roślinnej na wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej*. Warszawa : Wydawnictwo SGGW, 2011. S. 11–26.

129. Daniel C., Triboi E. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: Effects on gliadin content and composition. *Journal of Cereal Science*. 2000. Vol. 32, No. 1. P. 45–56. DOI: 10.1006/jcrs.2000.0313.

130. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Wyzińska M., Nieróbca A. Influence of nitrogen fertilization on the yields and grain quality of winter wheat under different environmental conditions. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*. 2019. Vol. 13, No. 5. P. 317–322.

131. Пати́ка В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін. Біологічний азот : монографія / за ред. В. П. Патики. Київ : Світ, 2003. 424 с.

132. Kozhemyakov A. P. Productivity of nitrogen fixation in agrocenoses. *Mikrobiologichnyi Zhurnal (Microbiological Journal)*. 1997. Vol. 59, No. 4. P. 22–28.

133. Коць С. Я., Моргун В. В., Пати́ка В. П., Малі́ченко С. М., Ма́менко П. М., Кі́різі́й Д. А., Миха́лків Л. М., Берегове́нко С. К., Ме́льникова Н. М. Біологічна фіксація азоту: бобово-ризобіальний симбіоз : монографія. Т. 2. Київ : Логос, 2011. 523 с.

134. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ «СікГрупУкраїна», 2018. 476 с.

135. Лопушняк В. І., Шевчук М. Й., Полюхович М. М., Пархуць Б. І., Пархуць І. М. 555 запитань і відповідей з агрохімії та агрохімсервісу : навчально-довідковий посібник / за ред. В. І. Лопушняка. Львів : Простір-М, 2018. 488 с.
136. Чорний С. Г. Основи агрономічної хімії : навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2020. 284 с.
137. Britto D. T., Kronzucker H. J. Plant nitrogen transport and its regulation in changing soil environments // Enhancing the Efficiency of Nitrogen Utilization in Plants / eds. A. S. Basra, S. S. Goyal, R. Tischner. Binghamton, New York : The Haworth Press, 2005. P. 1–23.
138. Ohya T. Nitrogen as a Major Essential Element of Plants // Nitrogen Assimilation in Plants / ed. by T. Ohya, K. Sueyoshi. New Delhi : I. K. International Publishing House Pvt. Ltd., 2010. P. 1–18. ISBN 978-81-906324-5-6.
139. Chien S. H., Gearhart M. M., Villagarcía S. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in increasing crop production and minimizing environmental impact: A review. Soil Science. 2011. Vol. 176, No. 7. P. 327–335. DOI: 10.1097/SS.0b013e31821f0816.
140. Fageria N. K., Baligar V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy. 2005. Vol. 88. P. 97–185. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88004-6.
141. Brady N. C., Weil R. R. The Nature and Properties of Soils. 15th ed. Columbus, OH : Pearson Education, 2016. 1104 p. ISBN 978-0133254488.
142. Di H. J., Cameron K. C. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: Sources, factors and mitigating strategies. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2002. Vol. 64, No. 3. P. 237–256. DOI: 10.1023/A:1021471531188.
143. Goulding K. W. T., Jarvis S. C., Whitmore A. P. Optimizing nutrient management for farm systems. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2008. Vol. 363, No. 1491. P. 667–680. DOI: 10.1098/rstb.2007.2177.

144. Glass A. D. M. Nitrogen Use Efficiency of Crop Plants: Physiological Constraints upon Nitrogen Absorption. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2003. Vol. 22, No. 5. P. 453–470. DOI: 10.1080/07352680390243512.

145. Havlin J. L., Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2013. 528 p. ISBN 978-0133055696.

146. Bouwman A. F., Boumans L. J. M., Batjes N. H. Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields. *Global Biogeochemical Cycles*. 2002. Vol. 16, No. 4. Art. 1080. DOI: 10.1029/2001GB001812.

147. Gooding M. J., Davies W. P. Foliar urea fertilization of cereals: A review. *Fertilizer Research*. 1992. Vol. 32, No. 2. P. 209–222. DOI: 10.1007/BF01048783.

148. Fernández V., Eichert T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2009. Vol. 28, No. 1–2. P. 36–68. DOI: 10.1080/07352680902743069.

149. Четверик О. М. Зимостійкість та урожайність пшениці м'якої озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Східного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Харків, 2011. 202 с.

150. Адаменко Т. І. Зміна агрокліматичних умов та їх вплив на зернове господарство // *Агроном*. 2006. № 3. С. 12–15.

151. Кульбида Н. І. Оцінка коливань валового збору озимої пшениці в Україні за різними сценаріями зміни клімату // *Зернова індустрія–2004*. Київ: ІА «АПК-Інформ», 2004. С. 25–29.

152. Підпригора В. С., Писаренко П. В. *Практикум з основ наукових досліджень в агрономії* : навч. посіб. Полтава: ІнтерГрафіка, 2003. 138 с.

153. *Агроекологія : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт* / уклад. І. В. Котюк, І. П. Пінчук, Н. М. Рідей та ін. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. 84 с.

154. Кулик Г. А. Методи визначення агрофізичних властивостей ґрунтів : методичні рекомендації до лабораторних занять. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. 55 с.
155. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.
156. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. Кн. 1: Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
157. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Методика сучасних і перспективних досліджень у землеробстві. Вісник аграрної науки. 2008. № 2. С. 11–17.
158. Методика проведення експертизи та державного сортовипробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Охорона прав на сорти рослин : офіційний бюлетень. Київ, 2003. № 2, ч. 3. С. 191–204.
159. Зерно. Визначення об'ємної маси (гектолітрової маси). Частина 3. Робочий метод (ISO 7971-3:2009, IDT) : ДСТУ ISO 7971-3:2019. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
160. Зерно та зернопродукти. Визначення маси 1000 зерен : ДСТУ ISO 520:2015 (ISO 520:2010, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
161. Зерно та продукти його переробки. Визначення склоподібності : ДСТУ ISO 5530-5:2019 (ISO 5530-5:1988, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
162. Пшениця, жито та борошно з них. Визначення числа падіння методом Хагберга–Пертена : ДСТУ ISO 3093:2019 (ISO 3093:2009, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
163. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2019. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
164. Зерно та зернопродукти. Визначення вмісту азоту та обчислення вмісту сирого протеїну методом К'ельдаля : ДСТУ ISO 20483:2016 (ISO 20483:2013, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

165. Пшениця та пшеничне борошно. Вміст сирої клейковини. Частина 2. Визначення за допомогою механічних засобів : ДСТУ ISO 21415-2:2017 (ISO 21415-2:2015, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

166. Мартянов В. П. Методические указания для подготовки и написания дипломных проектов (работ) по экономической и энергетической оценке результатов исследований : метод. рекомендации. Харьков, 1996. 32 с.

167. Уліч Л. І., Уліч О. Л. Вплив висоти рослин сортів пшениці озимої на стійкість до вилягання і продуктивність посівів. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2006. № 4. С. 55–61. DOI: 10.21498/2518-1017.4.2006.68029.

168. Уліч Л. І., Лисікова В. М. Сорти пшениці озимої для інтенсивних технологій. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2006. № 3. С. 67–74. DOI: 10.21498/2518-1017.3.2006.67724.

169. Уліч О. Л., Ткачик С. О., Хахула В. С., Терещенко Ю. Ф. Оцінювання впливу строків відновлення весняної вегетації на ріст, розвиток і продуктивність сортів пшениці м'якої озимої. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. № 4(25). С. 51–57. DOI: 10.21498/2518-1017.4(25).2014.55894.

170. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього підживлення азотом на урожайність озимої пшениці після різних попередників. Селекція і насінництво. 2024. Вип. 126. С. 87–95. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.318891.

171. Wang Z., Miao Y., Li S. Effect of ammonium and nitrate nitrogen fertilizers on wheat yield in relation to accumulated nitrate at different depths of soil in drylands of China. Field Crops Research. 2015. Vol. 183. P. 211–224. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.019.

172. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від строків та доз осіннього та ранньовесняного азотного підживлення після попередника соняшник. Зернові культури. 2025. Т. 9, № 1. С. 144–151. DOI: 10.31867/2523-4544/0371.

173. Afshar R. K., Chen C., He H., Tian T., Sadeghpour A. Evaluation of nitrogen fertilizer source and application method for dryland wheat. Journal of Plant Nutrition. 2021. Vol. 44, no. 13. P. 1930–1941. DOI: 10.1080/01904167.2021.1884705.

174. Montana State University Extension. Fertilizer Placement and Timing (Module 11). Bozeman : Montana State University, 2011. URL: <https://landresources.montana.edu/nm/documents/soilmodulepdf/4449-11.pdf> (дата звернення: 05.04.2026).

175. Авраменко С., Тимчук В., Цехмейструк М. та ін. Формування якості зерна злакових культур. Агробізнес сьогодні. 2011. № 14(213). С. 36–41.

176. Müller F., Miersch T., Ellmer F., Lentzsch P., Wild M., Albrecht K. Legacy Effects of Different Preceding Crops on Grain Yield, Protein Fractions and Soil Nutrients in Subsequent Winter Wheat. *Plants*. 2025. Vol. 14, no. 16. Article 2598. DOI: 10.3390/plants14162598.

177. Reckling M., Bergkvist G., Watson C. A., Stoddard F. L., Zander P. M., Walker R. L., Pristeri A., Toncea I., Bachinger J. Increasing wheat proteins sustainably by rotation with forage legumes. *Agronomy for Sustainable Development*. 2023. Vol. 43. Article 62. DOI: 10.1007/s13593-023-00913-9.

178. Albrecht T., Oberforster M., Hartl L., Mohler V. Assessing Falling Number Stability Increases the Genomic Prediction Ability of Pre-Harvest Sprouting Resistance in Common Winter Wheat. *Genes*. 2024. Vol. 15, no. 6. Article 794. DOI: 10.3390/genes15060794.

179. Lachutta K., Jankowski K. J. The Quality of Winter Wheat Grain by Different Sowing Strategies and Nitrogen Fertilizer Rates: A Case Study in Northeastern Poland. *Agriculture*. 2024. Vol. 14, no. 4. Article 552. DOI: 10.3390/agriculture14040552.

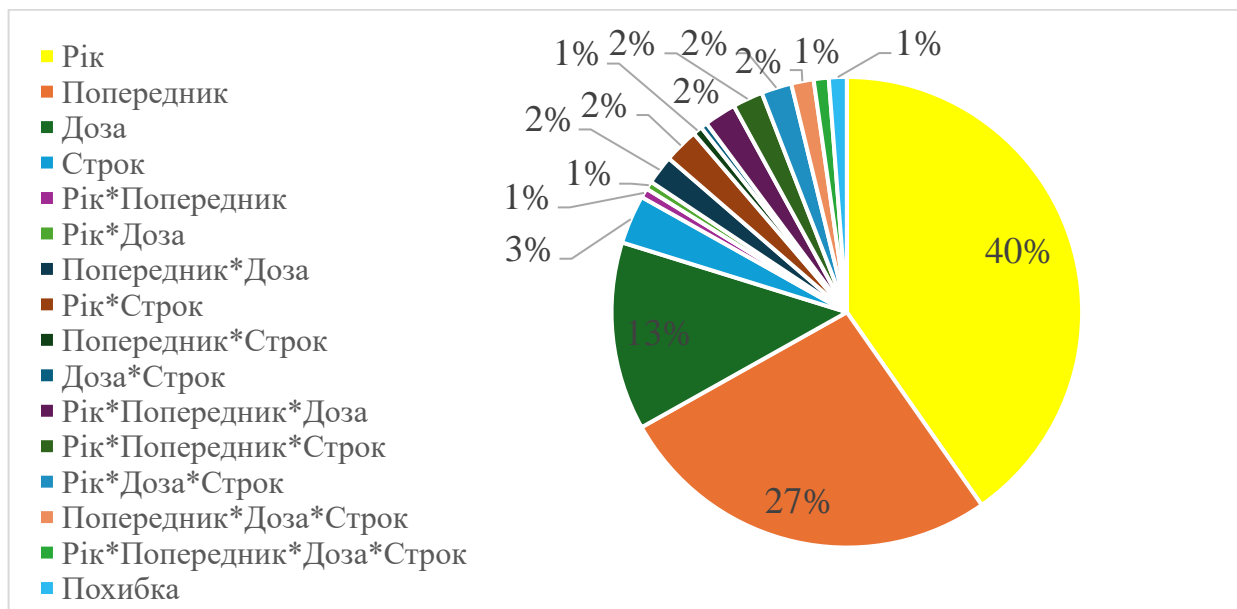
Додаток А.3

**Урожайність пшениці озимої залежно від дози добрив та строку
проведення азотного підживлення аміачною селітрою
після соняшника, т/га**

Доза (А)	Строк (В)	Рік (С)				Надбавка до контролю	
		2021	2022	2024	Середня	т/га	%
контроль		4,97	1,92	2,39	3,09	—	—
N ₃₀	осінь	6,50	2,73	2,99	4,07	0,98	32
	весна	6,10	2,51	2,76	3,79	0,70	23
	осінь+весна	6,19	3,17	2,81	4,06	0,97	31
	середнє	6,26	2,80	2,85	3,97	0,88	29
N ₆₀	осінь	6,71	3,58	3,43	4,57	1,48	48
	весна	6,92	3,90	2,87	4,56	1,47	48
	осінь+весна	6,69	3,67	3,23	4,53	1,44	47
	середнє	6,77	3,72	3,18	4,56	1,47	47
N ₉₀	осінь	6,56	3,23	3,53	4,44	1,35	44
	весна	6,91	3,89	2,86	4,55	1,46	47
	осінь+весна	6,82	3,80	3,38	4,67	1,58	51
	середнє	6,76	3,64	3,26	4,55	1,46	47
N ₁₂₀	осінь	6,91	3,05	3,66	4,54	1,45	47
	весна	7,01	3,98	3,11	4,70	1,61	52
	осінь+весна	6,88	3,85	3,44	4,72	1,63	53
	середнє	6,93	3,63	3,40	4,65	1,56	51
середнє	осінь	6,67	3,15	3,40	4,41	1,32	43
	весна	6,73	3,57	2,90	4,40	1,31	42
	осінь+весна	6,65	3,62	3,22	4,49	1,40	46
	середнє	6,68	3,45	3,17	4,43	1,34	44
НІР _{0,5}	А–0,13; В–0,11; С–0,11; АВ–0,22; АС–0,22; ВС–0,19; АВС–0,38						

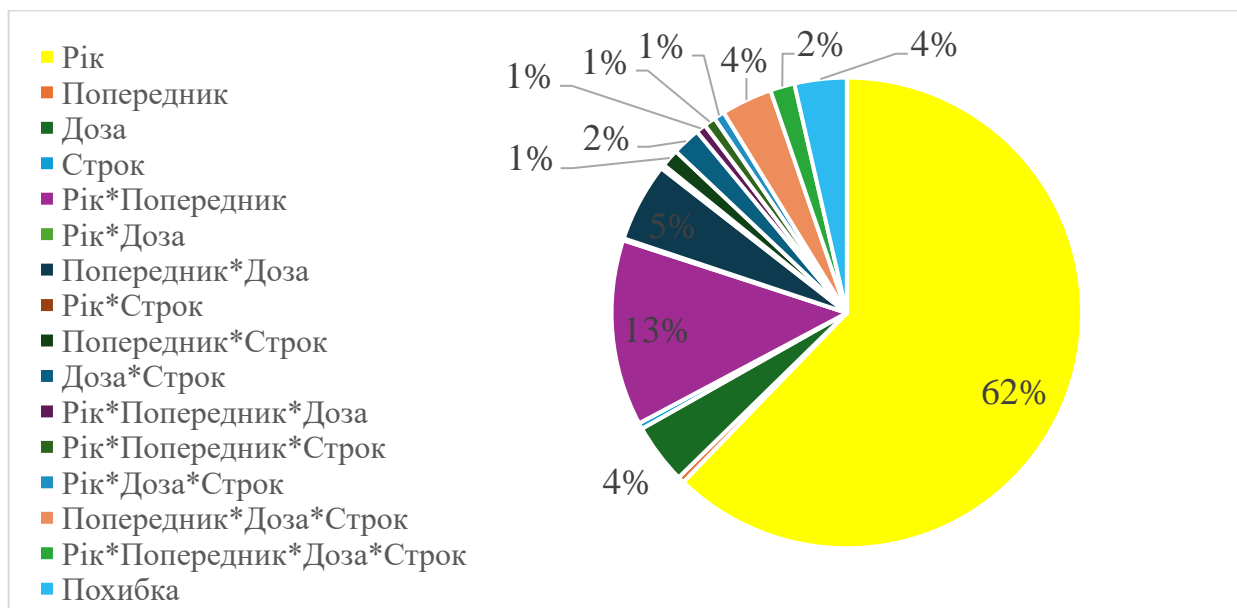
Додаток В.1

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри, строку підживлення та попередника на формування вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



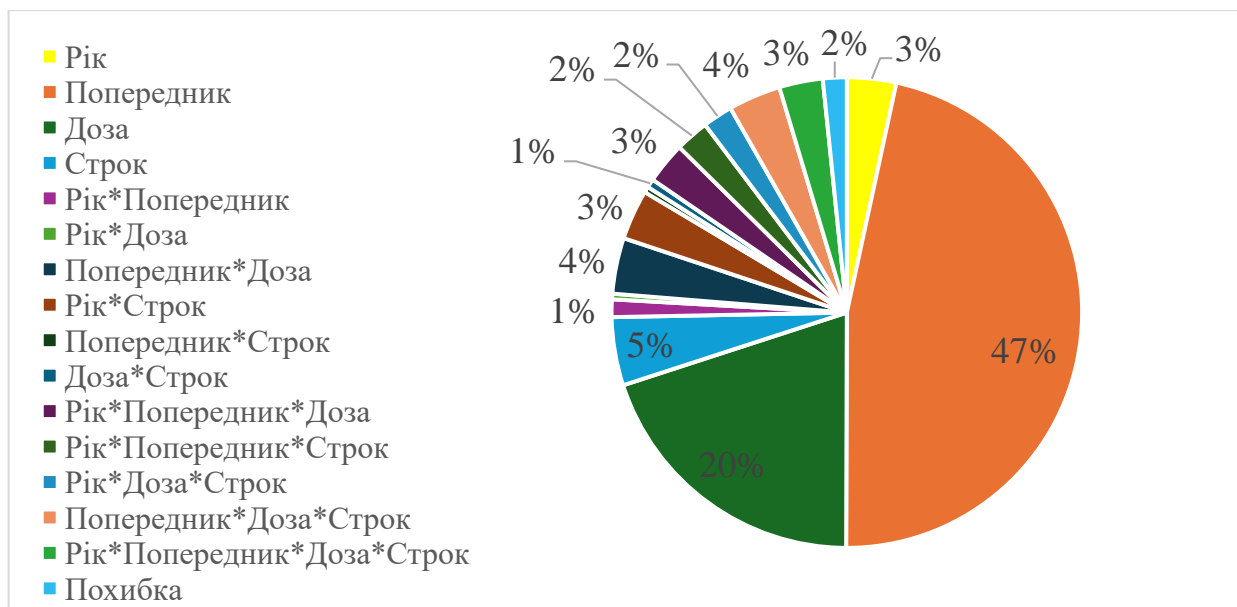
Додаток В.2

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри, строку підживлення та попередника на формування скловидності зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



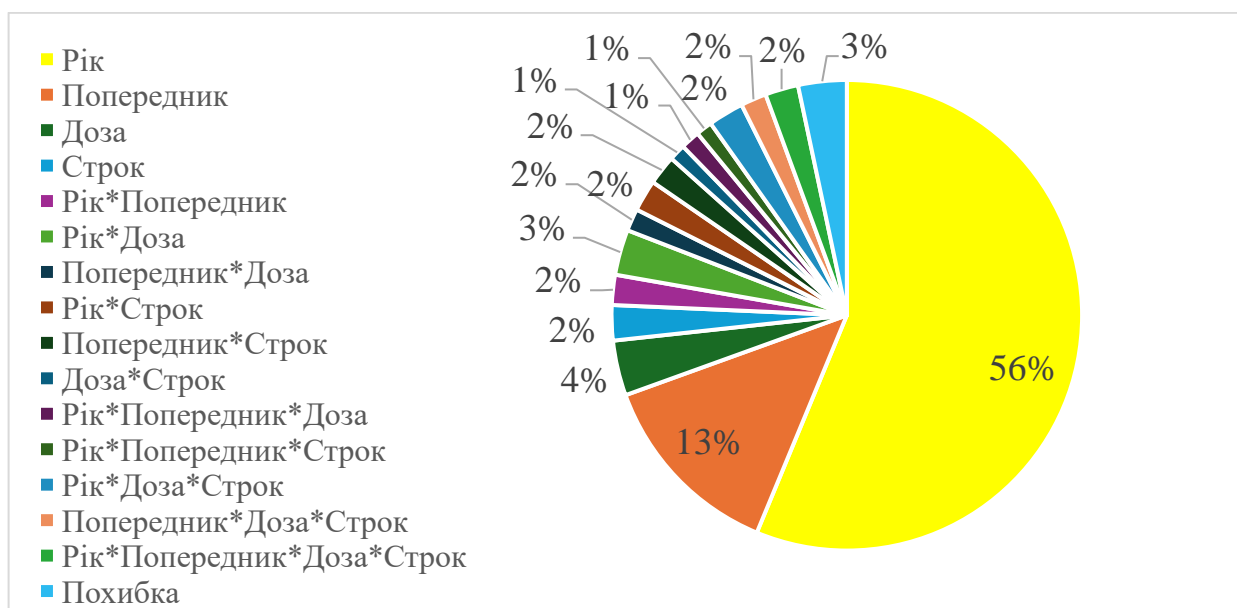
Додаток В.3

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри, строку підживлення та попередника на формування клейковини в зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



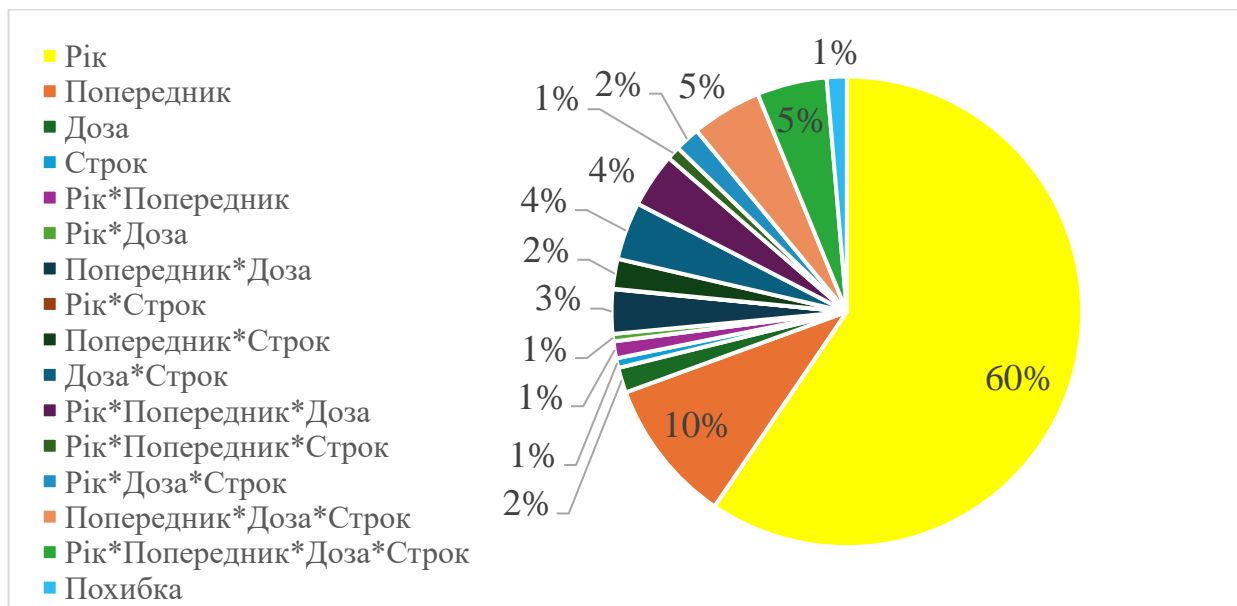
Додаток В.4

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри, строку підживлення та попередника на формування натурн зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



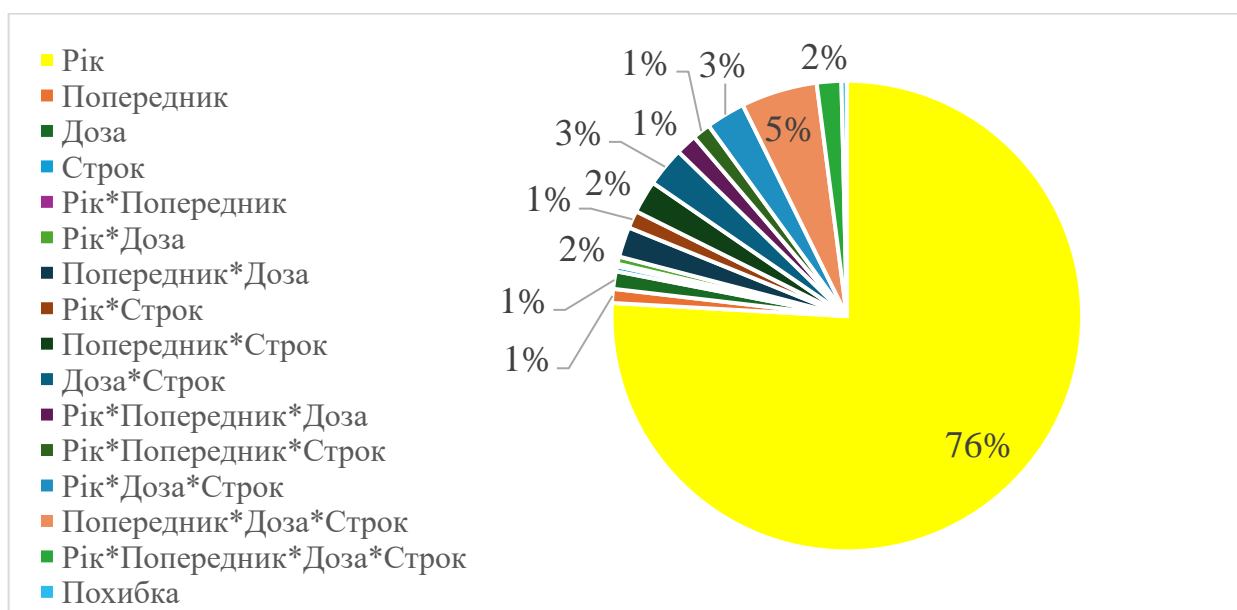
Додаток В.5

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри, строку підживлення та попередника на формування індексу деформації клейковини (ІДК) у зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



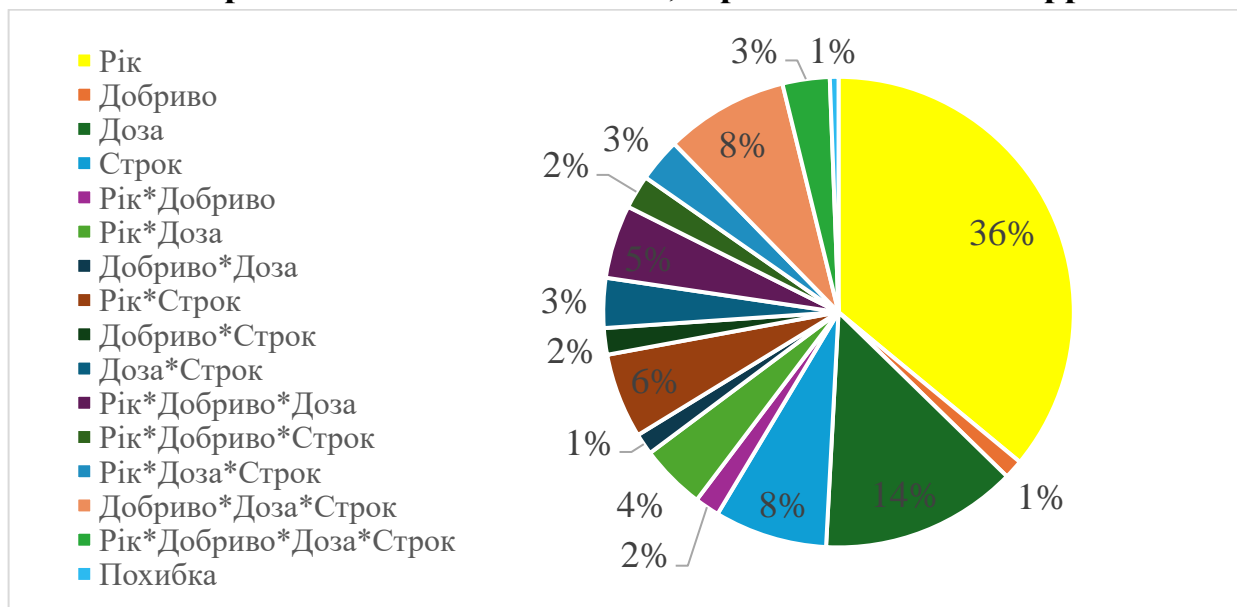
Додаток В.6

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри, строку підживлення та попередника на формування числа падіння у зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



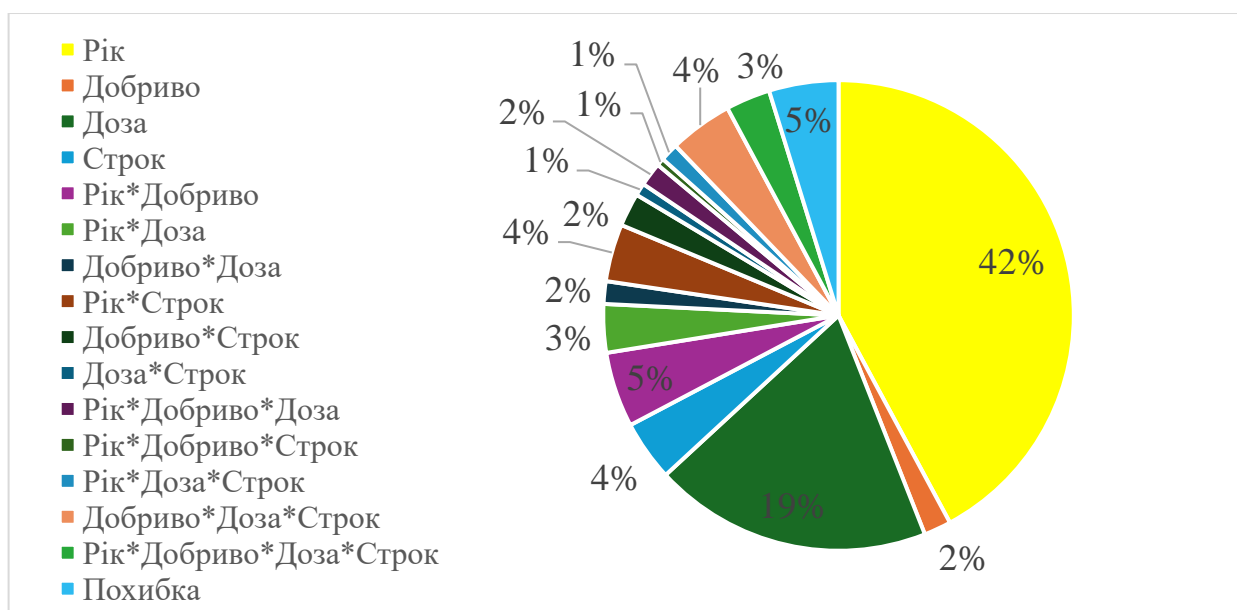
Додаток В.7

Вплив факторів року вирощування, виду добрива, дози та строку підживлення після попередника соняшник на формування білка в зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



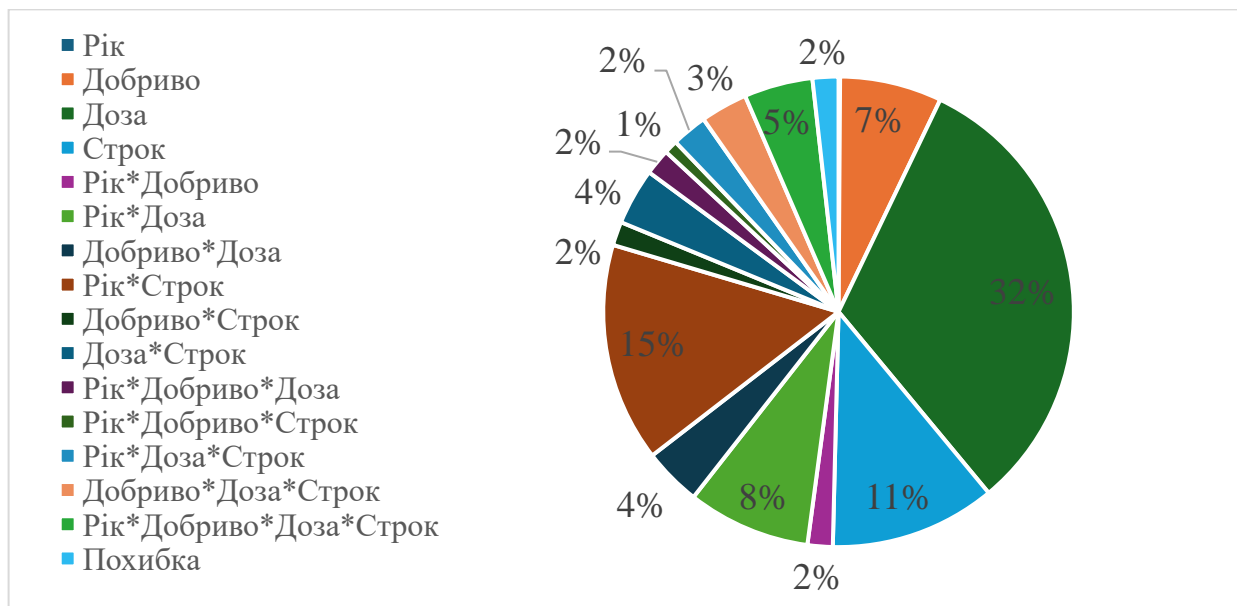
Додаток В.8

Вплив факторів року вирощування, виду добрива, дози та строку підживлення після попередника соняшник на формування скловидності зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



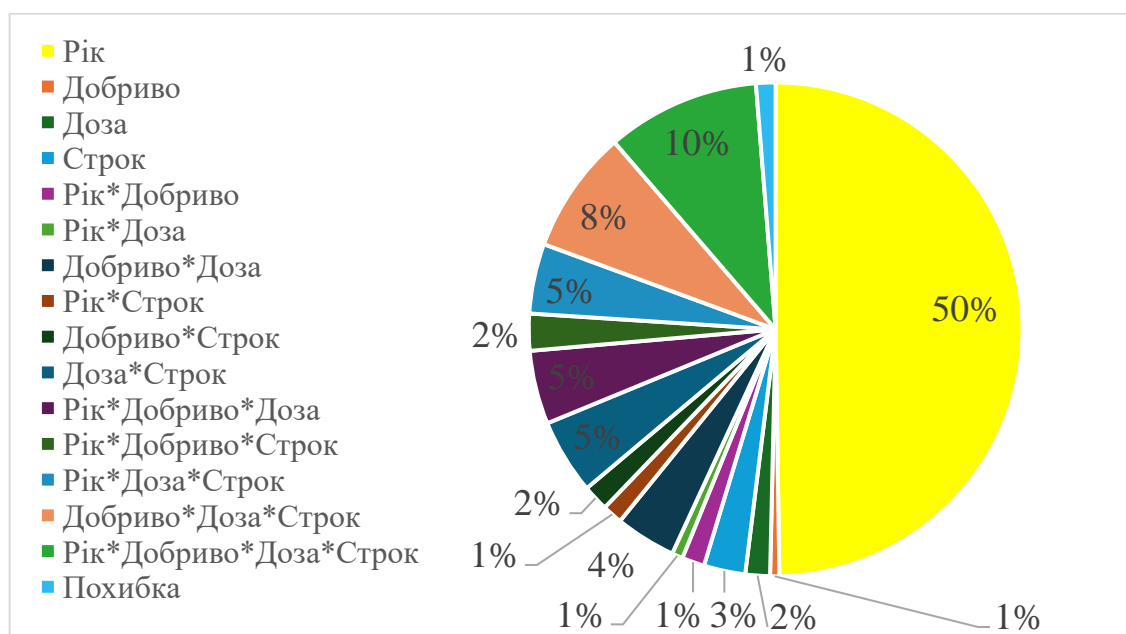
Додаток В.9

Вплив факторів року вирощування, виду добрива, дози та строку підживлення після попередника соняшник на формування клейковини в зерні пшениці м'якої озимої, середнє 2021–2024 рр.



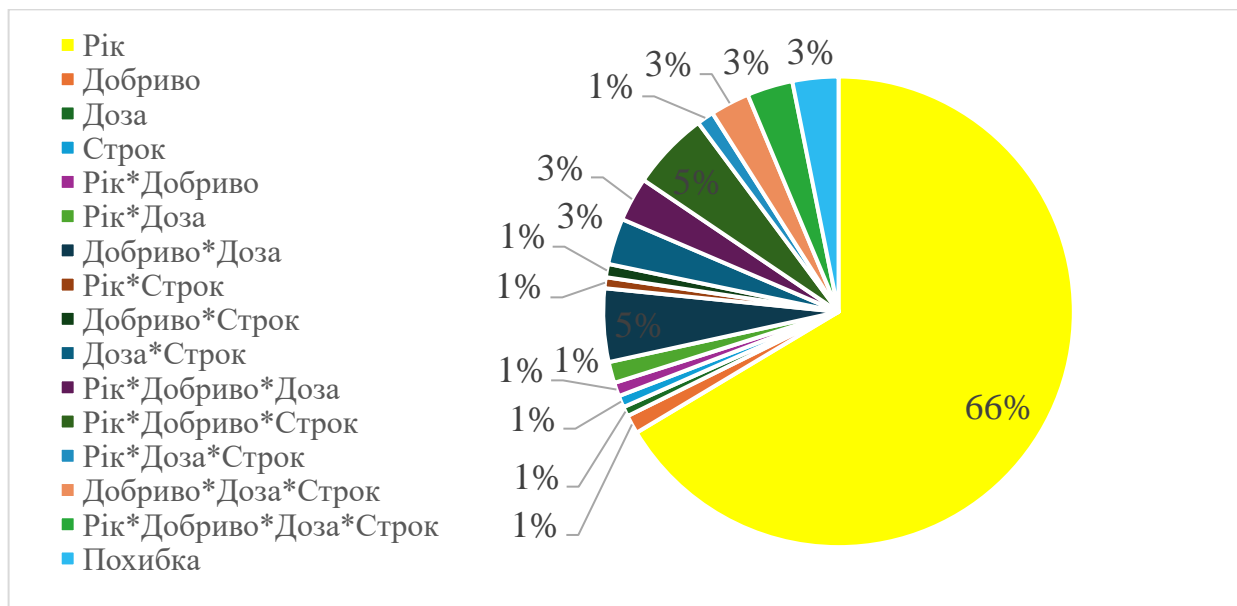
Додаток В.10

Вплив факторів року вирощування, виду добрива, дози та строку підживлення після попередника соняшник на формування натурн зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



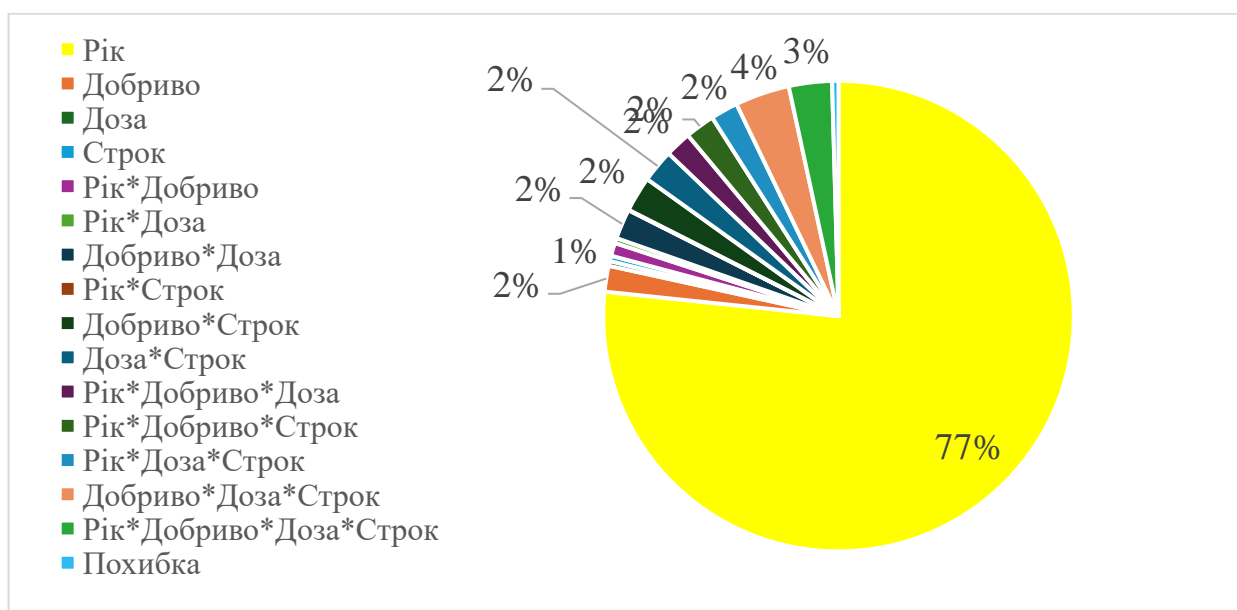
Додаток В.11

Вплив факторів року вирощування, виду добрива, дози та строку підживлення після попередника соняшник на формування ІДК зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



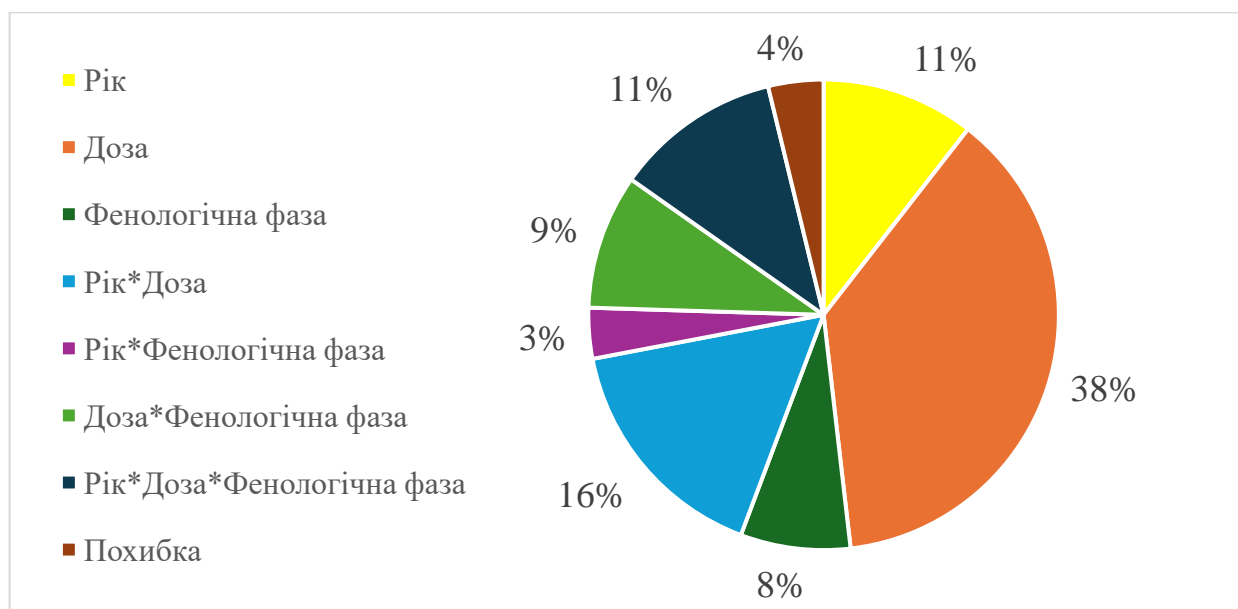
Додаток В.12

Вплив факторів року вирощування, виду добрива, дози та строку підживлення після попередника соняшник на формування числа падіння клейковини у зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



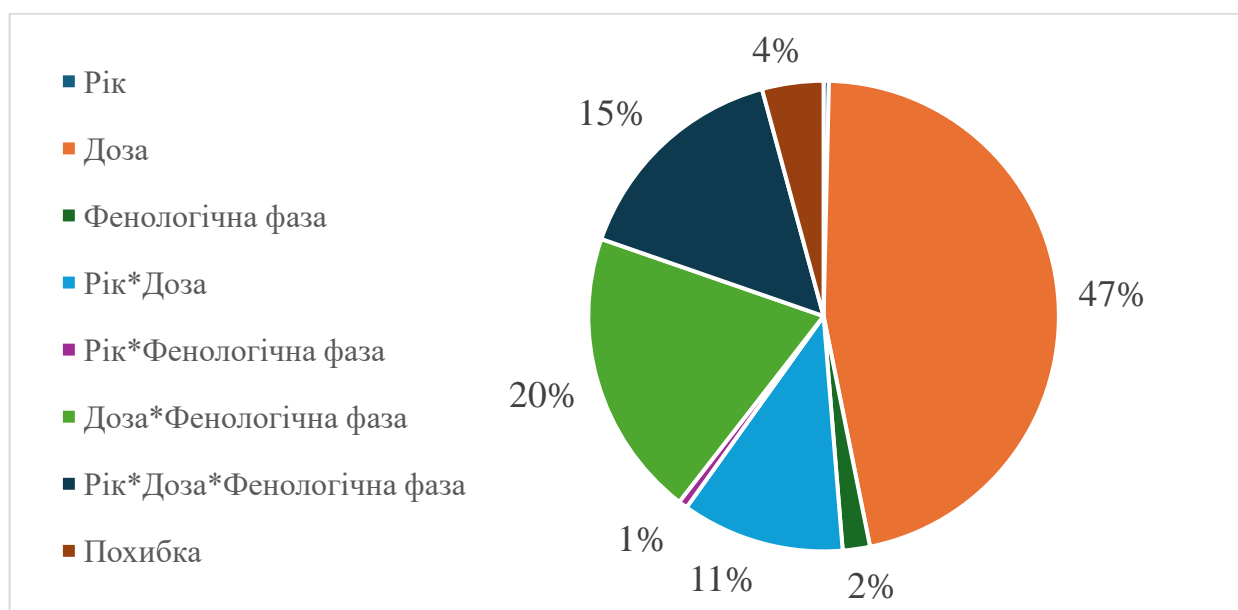
Додаток В.13

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри та фенологічної фази підживлення після попередника соняшник на формування вмісту білка у зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



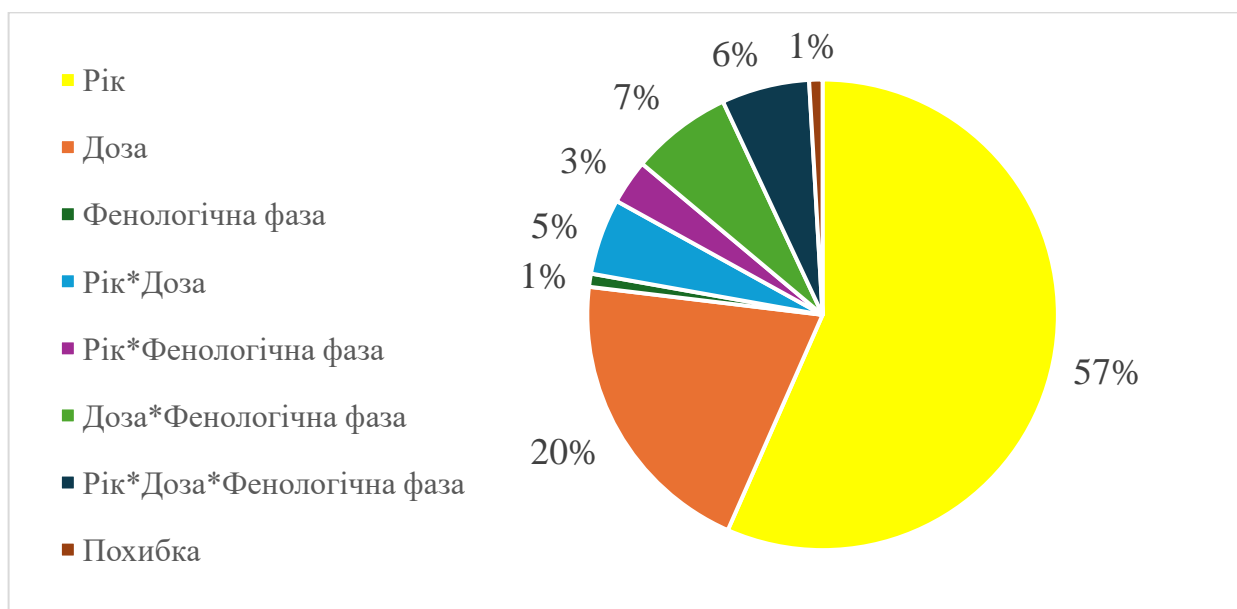
Додаток В.14

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри та фенологічної фази підживлення після попередника соняшник на формування скловидності зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



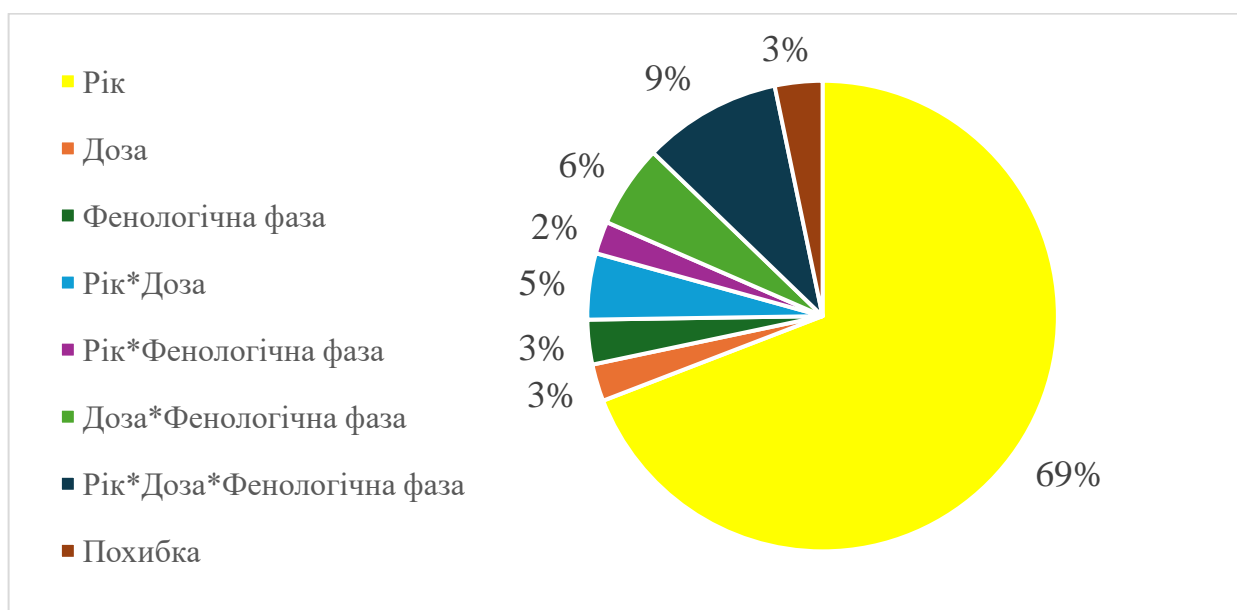
Додаток В.15

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри та фенологічної фази підживлення після попередника соняшник на формування вмісту клейковини в зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



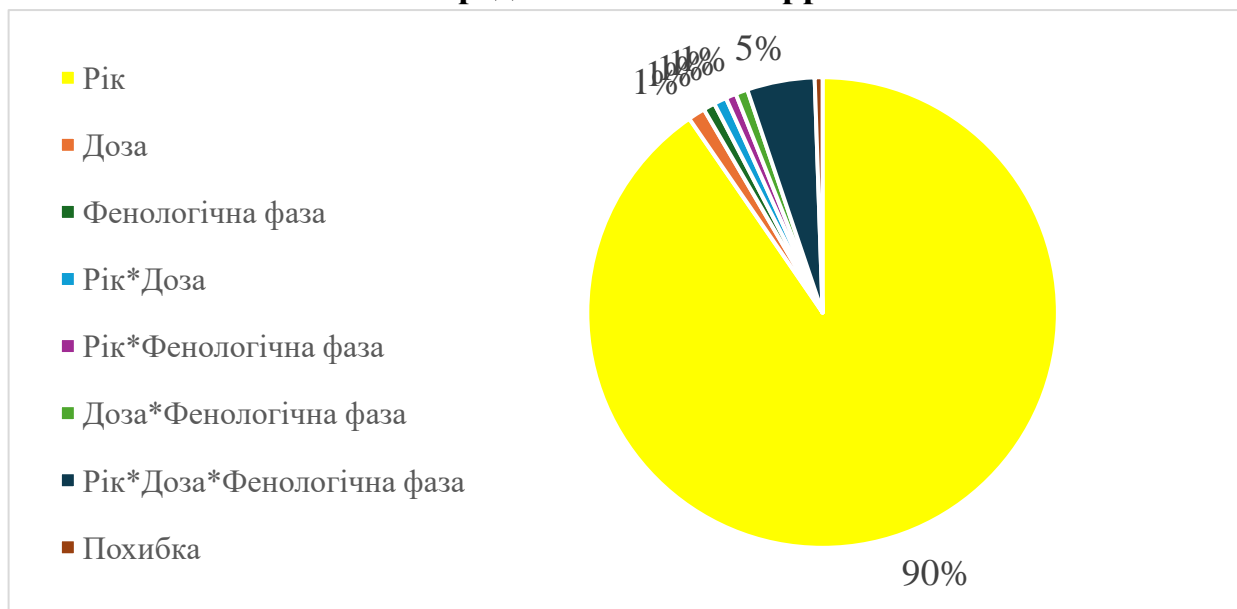
Додаток В.16

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри та фенологічної фази підживлення після попередника соняшник на формування натурн зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



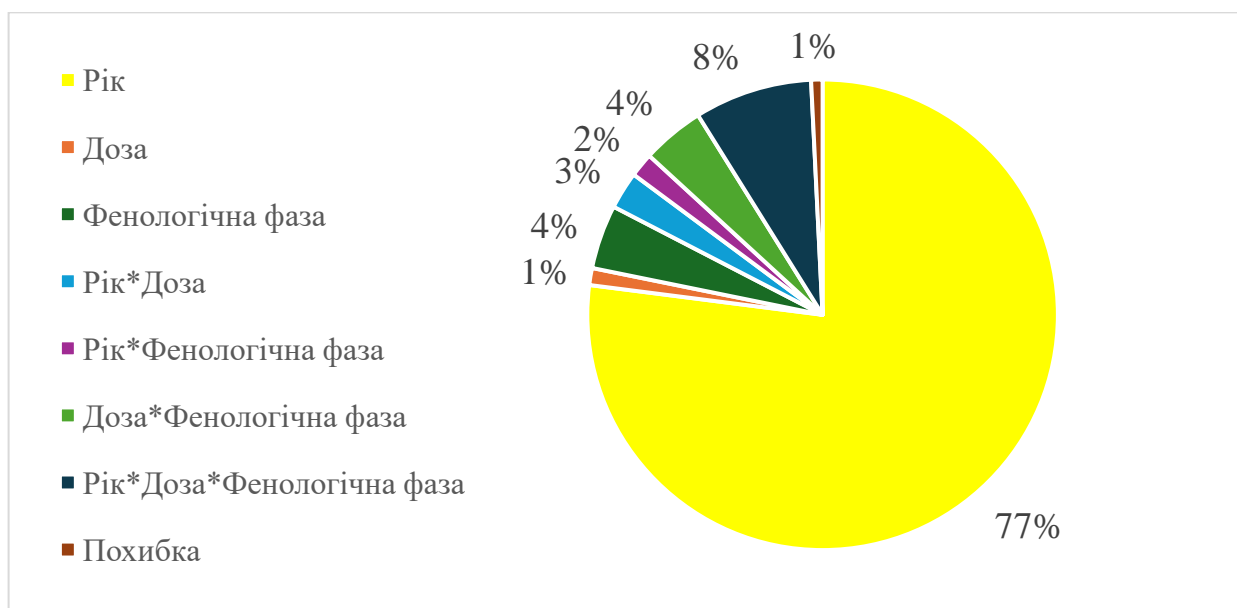
Додаток В.17

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри та фенологічної фази підживлення після попередника соняшник на формування індексу деформації клейковини (ІДК) в зерні пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



Додаток В.18

Вплив факторів року вирощування, дози аміачної селітри та фенологічної фази підживлення після попередника соняшник на формування числа падіння зерна пшениці м'якої озимої, середнє за 2021–2024 рр.



Додаток Г.1

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ****Статті у фахових виданнях України:**

1. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього внесення різних доз та видів азотних добрив на урожайність пшениці озимої після попередника соняшник. Селекція і насінництво. 2024. Т. 125. С. 94–101. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.306975
2. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Вплив осіннього підживлення азотом на урожайність озимої пшениці після різних попередників. Селекція і насінництво. 2024. Т. 126. С. 87–95. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.318891
3. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від строків та доз осіннього та ранньовесняного азотного підживлення після попередника соняшник. Зернові культури. 2025. Т. 9. № 1. С. 144–151. DOI: [10.31867/2523-4544/0371](https://doi.org/10.31867/2523-4544/0371)

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації**Тези доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях:**

4. Попов Ю. В., Авраменко С. В., Попов С. І. Вплив різних доз азотного підживлення на формування продуктивності пшениці озимої. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. / ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2022. С. 233–241.
5. Авраменко С. В., Жижка Н. Г., Попов Ю. В. Урожайність пшениці озимої залежно від азотного підживлення після попередника соняшник. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2023. С. 19–21.

6. Попов Ю. В., Авраменко С. В. Урожайність пшениці озимої залежно від строків та доз довесняного азотного підживлення після попередника соняшник. Сучасні технології в рослинництві: тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присвяч. 150-річчю з дня народж. видат. вітчизн. вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2024. С. 77–81.

7. Попов Ю. В. Урожайність пшениці озимої залежно від виду добрив та строку азотного підживлення у дозі N_{60} після попередника соняшник. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. молодих учених та спеціалістів, присвяч. 120-ій річниці від дня народж. професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича Полякова / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2025. С. 50–54.

Додаток Е.1

АКТ
впровадження наукової розробки
відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва НААН у 2025 році

Наукова розробка Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН «Оптимізація системи азотного підживлення пшениці м'якої озимої у східній частині Лісостепу України» пройшла виробничу перевірку на площі 71 га в ТОВ СП «Заммира» Богодухівського району Харківської області у 2025 р.

Завдяки впровадженій технології вирощування, яка передбачала проведення осіннього прикореневого підживлення аміачною селітрою в дозі N_{60} , сорт пшениці м'якої озимої Юлія забезпечив більшу врожайність – у середньому на 6 % та на 2,1 % більший вміст клейковини в зерні порівняно з традиційною технологією у господарстві, за якою підживлення проводилося навесні по мерзлоталому ґрунту. Перенесення строку азотного підживлення з ранньовесняного на осінній період також сприяло розвантаженню та оптимізації польових робіт навесні.

Директор ТОВ СП «Заммира»



А.В. Дяков



Додаток Е.2

АКТ
впровадження наукової розробки
відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва НААН у 2025 році

Наукова розробка Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН «Оптимізація системи азотного підживлення пшениці м'якої озимої у східній частині Лісостепу України», пройшла виробничу перевірку на площі 314 га в ТОВ «Харківське Насіння» Харківського району Харківської області в умовах 2025 р.

Встановлено, що завдяки внесенню повної дози (N_{60}) азотного підживлення розкидним способом в осінній період урожайність пшениці озимої сорту Ультім у посушливому 2025 році збільшилася у середньому на 13 % порівняно з весняним підживленням та, відповідно, на 10 % порівняно з комбінованим внесенням добрив (N_{30} восени + N_{30} навесні), які застосовувалися в господарстві. Нова технологія вирощування також сприяла збільшенню вмісту білка та клейковини в зерні відповідно на 1,0 % та 2,6 % порівняно з традиційною технологією вирощування.

Директор ТОВ «Харківське Насіння» **В.М. Філатов**

М. П.



8 вересня 2025 р.

Додаток Е.3

АКТ

впровадження наукової розробки
відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва
імені В.Я. Юр'єва НААН у 2023 році

Наукова розробка Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН «Ресурсозберігаюча технологія вирощування пшениці озимої в умовах Східного Лісостепу України», яка створена в результаті виконання НДР 15.02.00.12 П «Регуляція процесів підвищення продуктивності зернових та зернобобових культур на основі застосування морфорегуляторів росту в умовах недостатнього зволоження» (№ ДР 0121U100570) у господарстві ПП «Агро-Глянь» Красноградського району Харківської області порівняно з традиційною технологією забезпечила економію агресурсів на 10,4 %, збільшення врожайності зерна на 9,2 %, підвищення рентабельності виробництва на 11,3 %.



Генеральний директор

Іван ГЛЯНЬ

“19” 10 2023 р.

Додаток Е.4

АКТ

впровадження наукової розробки

Попова Юрія Володимировича, аспіранта відділу рослинництва та
сортівивчення Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

Наукова розробка аспіранта Попова Юрія Володимировича
«Ресурсозберігаюча технологія підживлення сортів пшениці м'якої озимої в
умовах східної частини Лісостепу України», що створена за завданням
15.02.00.26 П «Розроблення комплексу агрозаходів із підвищення
продуктивності сучасних високоадаптивних сортів пшениці озимої, ячменю
ярого та гороху» у 2024–2025 рр. пройшла виробничу перевірку в
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЧОМУ КООПЕРАТИВІ «ВІТЯЗЬ» Чутувського району
Харківської області.

Встановлено, що завдяки оптимізації системи підживлення шляхом
внесення азотних добрив в осінній строк, сорти пшениці озимої Катруся Одеська,
Довіра Одеська, Шестопалівка та Тайра на загальній площі 126 га забезпечили
підвищення урожайності зерна у середньому на 0,54–0,86 т/га порівняно з
традиційною технологією, що також сприяло економії агроресурсів до 25 % та
зростанню рентабельності виробництва на 14 %.

Голова СК «Вітязь»



М. П.

М.І. Золотарьов

12 листопада 2025 р.

Додаток Е.5

АКТ

виробничої перевірки наукової розробки
відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва
імені В.Я. Юр'єва НААН у 2023 році

Наукова розробка Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН «Ресурсозберігаюча технологія вирощування пшениці озимої в умовах Східного Лісостепу України», що створена в результаті виконання НДР 15.02.00.12 П «Регуляція процесів підвищення продуктивності зернових та зернобобових культур на основі застосування морфорегуляторів росту в умовах недостатнього зволоження» пройшла виробничу перевірку в С(Ф)Г «Грунтознавець» Миргородського району Полтавської області у 2023 р. Встановлено, що завдяки оптимізації системи мінерального удобрення, позакореневого підживлення та інтегрованого захисту посівів від шкідливих організмів пшениця озима сорту Шулиндінка на площі 64,0 га забезпечила підвищення урожайності високоякісного зерна на 0,52 т/га, що порівняно з традиційною технологією сприяло економії агресурсів на 9,4 % та зростанню рентабельності виробництва на 14,8 %.

Голова СФГ «Грунтознавець»



М. П.

"12" "10" 2023 р.

Додаток Е.6

АКТ
впровадження наукової розробки
відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва
Ім. В. Ю. Я. Юр'єва НААН у 2026

Наукова розробка аспіранта інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН Попова Юрія Володимировича: «Оптимізація системи азотного підживлення пшениці м'якої озимої у східній частині лісостепу України», пройшла виробничу перевірку на площі 120 га в ТОВ «Волинь-Агро», Ковельського району Волинської області в умовах 2025 р.

Встановлено, що завдяки дробному підживленню сульфатом амонію (N_{30} восени + N_{30} навесні) розкидним способом урожайність пшениці м'якої озимої сорту Реформ у 2025 р. збільшилася на 11%, а вміст білка та клейковини на 1,2 % і 2,1 % відповідно порівняно з весняним підживленням, яке застосовувалося у господарстві.

Головний агроном ТОВ «Волинь-Агро»  Радченко В. М.



Додаток Е.7

АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО НАУКОВОЇ РОЗРОБКИ
ЮРІЯ ВОЛОДИМИРОВИЧА ПОПОВА,
аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у 2025 році

Наукова розробка Попова Юрія Володимировича, аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН «Оптимізована технологія удобрення пшениці озимої в умовах східної частини Лісостепу України» пройшла виробничу перевірку в ТОВ «АГРОСЕРВІС» ЛТД Ізюмського району Харківської області у 2025 р.

Встановлено, що у посівах пшениці озимої сорту Здобна на площі 330 га після пізніх попередників завдяки оптимізації видів, строків та способів азотного підживлення покращувався ріст і розвиток рослин, завдяки чому урожайність культури порівняно з традиційним варіантом технології збільшувалася у середньому на 14–27 %, а вміст білка та клейковини в зерні підвищувався у середньому відповідно на 2–3 % та 3–5 %.

Генеральний директор
ТОВ «АГРОСЕРВІС» ЛТД



 В.Ю. Кулик

16.08.2025 р.