

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

СВИНАР Микола Миколайович

УДК 633.11"324": 631.559: 664.64.016.8: 631.5 (292.485) (477)

ДИСЕРТАЦІЯ

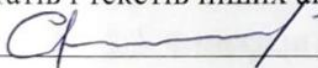
**ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ
ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ В
УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ**

Спеціальність: 201 – Агрономія

20 – аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії

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

 М.М. СВИНАР

Науковий керівник – КЛИМИШЕНА Ріта Іванівна, кандидат
сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та
насінництва

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1	НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ
	ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (Огляд літератури)
	22
	1.1. Ефективність використання мінеральних добрив у технології
	виросщування пшениці озимої
	22
	1.2. Ефективність обґрунтування норм висіву в технології
	виросщування пшениці озимої
	31
	1.3. Біологічний фактор в технології вирощування пшениці
	озимої
	36
	Висновки до розділу 1
	39
РОЗДІЛ 2	УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ
	40
	2.1. Ґрунтові умови в роки проведення досліджень
	40
	2.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень
	42
	2.3. Методика проведення досліджень
	48
	Висновки до розділу 2
	53
РОЗДІЛ 3	ФОРМУВАННЯ ПОСІВІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО
	ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА НОРМ ВИСІВУ
	НАСІННЯ
	54
	3.1. Польова схожість насіння пшениці озимої
	54
	3.2. Перезимівля та загальне виживання рослин пшениці озимої
	57
	3.3. Фенофази росту та розвитку рослин пшениці озимої
	63
	3.4. Густота продуктивного стеблостою пшениці озимої
	67
	3.5. Формування площі листкової поверхні та маси сухої
	речовини рослини пшениці озимої
	78
	Висновки до розділу 3
	85
РОЗДІЛ 4	УРОЖАЙНІСТЬ ТА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ ЗА
	СТРУКТУРНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ
	ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА НОРМ
	ВИСІВУ НАСІННЯ
	89
	4.1. Продуктивність колоса пшениці озимої за кількістю зерен ..
	89

	4.2. Продуктивність колоса пшениці озимої за масою зернівки ..	93
	4.3. Урожайність зерна пшениці озимої	99
	Висновки до розділу 4	105
РОЗДІЛ 5	ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ	107
	5.1. Натура зерна пшениці озимої	107
	5.2. Вміст білка в зерні пшениці озимої	112
	5.3. Вміст клейковини в зерні пшениці озимої	117
	Висновки до розділу 5	123
РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ	125
	6.1. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої	125
	6.2. Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої	129
	Висновки до розділу 6	133
	ВИСНОВКИ	135
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	140
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	141
	ДОДАТКИ	162

АНОТАЦІЯ

Свинар М.М. Формування урожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» – Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Кам'янець-Подільський, 2026.

Актуальність теми досліджень полягає в необхідності обґрунтування ефективних підходів до розвитку зернового господарства відповідно до сучасних викликів аграрного виробництва. Кліматичні зміни, нестабільність погодних умов, а також постійне зростання вартості мінеральних добрив, паливно-мастильних матеріалів і технічних ресурсів вимагають удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур. Озима пшениця залишається однією з найважливіших стратегічних культур України, оскільки забезпечує продовольчу безпеку держави та формує значну частину експортного потенціалу зернової галузі. У зв'язку з цим особливого значення набуває максимальна реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів шляхом впровадження науково обґрунтованих, ресурсоощадних технологій вирощування. Серед основних технологічних факторів, що визначають рівень урожайності та якість зерна, важливе місце займають мінеральне живлення рослин і норма висіву насіння. Оптимальне поєднання цих елементів технології сприяє формуванню сприятливої густоти стояння рослин, покращує використання вологи та поживних речовин із ґрунту, що позитивно впливає на продуктивність посівів і показники якості зерна. Водночас сучасні сорти озимої пшениці характеризуються різною реакцією на рівень мінерального живлення та густоту посіву, а їх продуктивність значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Тому встановлення та обґрунтування оптимальних норм мінеральних добрив і норм висіву насіння для умов Правобережного Лісостепу є актуальним науковим і практичним завданням.

Мета досліджень полягала у встановленні закономірностей управління структурою агрофітоценозу, рівнем урожайності та якістю зерна пшениці озимої

залежно від впливу окремих елементів технології вирощування.

Дослідження виконувалися впродовж 2022–2025 років в умовах фермерського господарства «Самосил» Чортківського району Тернопільської області (згідно укладеного договору про співпрацю з кафедрою рослинництва, селекції та насінництва Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»). У межах дисертаційного дослідження було закладено два польових досліди, де проводилася оцінка двох технологічних факторів при вирощуванні озимої пшениці ранньостиглого сорту Бодицек та середьопізнього сорту Реформ: фактор А – норми застосування мінеральних добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль – без удобрення), $N_{45}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{75}P_{60}K_{60}$; фактор В – норми висіву насіння: 300, 350, 400 та 450 шт./м².

За результатами проведених досліджень виявлено залежність польової схожості насіння, перезимівлі та загального виживання рослин сортів озимої пшениці від впливу мінеральних добрив та норм висіву; встановлено особливості росту та розвитку рослин сортів пшениці озимої залежно від досліджуваних технологічних факторів; виявлено оптимальні норми висіву та норми застосування мінеральних добрив, а також встановлено їх вплив на формування врожаю сортів пшениці озимої та урожайність за елементами структури; встановлено основні закономірності формування технологічної та біохімічної якості зерна сортів пшениці озимої від впливу застосованих норм мінеральних добрив та норм висіву; обґрунтовано економічну та енергетичну оцінку вирощування пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів.

Експериментальні дані комплексно відображають характер і ступінь впливу досліджуваних технологічних чинників на процеси формування агроценозу пшениці озимої. Встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості рослин пшениці озимої порівняно з контролем. На варіантах удобрення $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ досліджуваний показник був статистично однаковим і становив у сорту Бодицек відповідно 312, 313 і 311 шт./м², а у сорту Реформ – 311, 311 і 312 шт./м². На контрольному варіанті без внесення добрив кількість рослин була нижчою і складала відповідно 290 та 288 шт./м². Під

впливом норм висіву насіння 300, 350, 400 та 450 нас./м² спостерігалось закономірне зростання кількості рослин. Так, у сорту Бодицек цей показник становив відповідно 248, 288, 324 і 365 шт./м², а у сорту Реформ – 246, 288, 323 і 363 шт./м². Густота продуктивного стеблостою пшениці озимої значною мірою залежала від рівня мінерального живлення та норми висіву насіння. Підвищення норми добрив від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ забезпечило збільшення кількості продуктивних пагонів у сорту Бодицек з 342 до 662 шт./м², а у сорту Реформ – з 379 до 704 шт./м². Зростання норми висіву від 300 до 450 нас./м² також сприяло підвищенню густоти продуктивного стеблостою відповідно з 468 до 542 та з 506 до 583 шт./м². За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що визначальний вплив на формування продуктивного стеблостою мали норми мінеральних добрив, частка яких становила 94,82% у сорту Бодицек і 94,66% у сорту Реформ, тоді як вплив норм висіву був лише 5,11% та 5,26%. Залежність досліджуваного показника від факторів удобрення та норм висіву описувалася рівняннями прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{пп}^B = 134,4375 + 1,6194 NPK + 0,4985 Нв$ та у сорту Реформ $K_{пп}^P = 167,3327 + 1,6359 NPK + 0,5105 Нв$. Інтенсивність кушення пшениці озимої залежала як від норми висіву, так і від рівня мінерального живлення. Збільшення норми висіву від 300 до 450 нас./м² супроводжувалося зниженням коефіцієнта кушення у сорту Бодицек з 1,87 до 1,48, а у сорту Реформ – з 2,04 до 1,60. Водночас підвищення рівня удобрення від контролю до N₇₅P₆₀K₆₀ сприяло зростанню цього показника відповідно з 1,19 до 2,15 та з 1,33 до 2,28.

Отримані експериментальні результати характеризують особливості та силу впливу досліджуваних технологічних факторів на показники структури врожаю та урожайність зерна озимої пшениці. Кількість зерен у колосі озимої пшениці залежала як від рівня мінерального живлення, так і від норми висіву насіння. Підвищення норми добрив від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ супроводжувалося зменшенням кількості зерен у колосі у сорту Бодицек з 31,77 до 29,92 шт., а у сорту Реформ – з 31,14 до 29,42 шт. Аналогічна тенденція спостерігалася зі збільшенням норми висіву від 300 до 450 нас./м², за якого показник знизився відповідно з 31,99 до 29,58 шт. та з 31,36 до 29,10 шт. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що

визначальний вплив на формування кількості зерен у колосі мала норма висіву, частка якої становила 62,27% у сорту Бодицек і 62,78% у сорту Реформ, тоді як вплив мінерального живлення був меншим – 37,01% та 36,51% відповідно. Залежність показника від впливу досліджуваних факторів описувалася рівняннями прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{зк}^B = 37,91246 - 0,00923 \text{ NPK} - 0,01600 \text{ Нв}$ та у сорту Реформ $K_{зк}^P = 39,91006 - 0,00857 \text{ NPK} - 0,01502 \text{ Нв}$. Маса зернівки в колосі пшениці озимої залежала від рівня мінерального живлення та норми висіву насіння. Підвищення дози добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ зумовило зниження цього показника у сорту Бодицек з 42,14 до 39,53 мг, а у сорту Реформ – з 42,73 до 40,30 мг. Аналогічна тенденція відзначена зі збільшенням норми висіву від 300 до 450 нас./м², за якого маса зернівки зменшилася відповідно з 42,03 до 39,60 мг та з 42,56 до 40,37 мг. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що дещо більший вплив на формування маси зернівки в колосі мали норми мінеральних добрив, частка яких становила 54,52% у сорту Бодицек і 56,12% у сорту Реформ, тоді як вплив норми висіву складав 45,03% та 43,32% відповідно. Залежність показника від досліджуваних факторів описувалася рівняннями прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $M_{зк}^B = 48,38532 - 0,01314 \text{ NPK} - 0,01608 \text{ Нв}$ та у сорту Реформ $M_{зк}^P = 48,37998 - 0,01231 \text{ NPK} - 0,01454 \text{ Нв}$. Урожайність зерна пшениці озимої істотно залежала від рівня мінерального живлення. Підвищення норм добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечило достовірне зростання врожайності у сорту Бодицек з 4,38 до 7,69 т/га, а у сорту Реформ – з 4,82 до 8,11 т/га. Водночас зміна норми висіву в межах 300–450 нас./м² не мала статистично значущого впливу на формування врожайності зерна.

Експериментальні дані свідчать про суттєвий вплив досліджуваних технологічних чинників на якість зерна пшениці озимої. Технологічна якість зерна пшениці озимої за показником натурн формувалася під впливом як мінеральних добрив, так і норм висіву. Підвищення норм мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ спричинило зниження натурн зерна: у сорту Бодицек – з 768,9 до 750,0 г/л, а у сорту Реформ – з 766,7 до 748,2 г/л. Найвищі значення натурн зерна зафіксовано за норм висіву 350 та 400 нас./м²: у сорту Бодицек вони становили

762,2 і 763,2 г/л відповідно, тоді як у сорту Реформ – 760,3 і 761,5 г/л. Аналіз впливу досліджуваних факторів показав перевагу дії норм мінеральних добрив, частка яких склала 85,75% у сорту Бодицек і 83,08% у сорту Реформ, тоді як для норм висіву вона становила лише 14,14% та 16,81% відповідно. Біохімічна якість зерна пшениці озимої за показником вмісту білка формувалася під впливом як мінеральних добрив, так і норм висіву. Підвищення норм добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню вмісту білка в зерні: у сорту Бодицек – з 11,9 до 14,3%, а у сорту Реформ – з 11,7 до 13,9%. Найвищі значення цього показника відмічено за норм висіву 350 і 400 нас./м²: у сорту Бодицек вміст білка становив 13,5% та 13,6%, а у сорту Реформ – 13,2% і 13,4% відповідно. Оцінка впливу досліджуваних факторів засвідчила домінуючу роль мінеральних добрив, частка яких склала 84,48% у сорту Бодицек та 81,29% у сорту Реформ, тоді як для норм висіву вона становила лише 15,10% і 18,41% відповідно. Біохімічна якість зерна пшениці озимої за показником вмісту клейковини формувалася під впливом мінеральних добрив та густоти посіву. Збільшення норм мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечило підвищення вмісту клейковини в зерні сорту Бодицек з 26,8 до 28,7%, а сорту Реформ – з 26,3 до 28,4%. Найвищі значення цього показника відмічено за норм висіву 350 і 400 нас./м²: у сорту Бодицек вони становили 28,1% та 28,2%, тоді як у сорту Реформ – 27,7% та 27,9% відповідно. Аналіз впливу факторів показав, що визначальну роль у формуванні вмісту клейковини відігравали норми мінеральних добрив, частка впливу яких склала 87,28% для сорту Бодицек і 88,60% для сорту Реформ. Вплив норм висіву був менш суттєвим і становив 12,52% та 11,06% відповідно.

Встановлено, що із кожним підвищенням норми мінеральних добрив спостерігалось збільшення рівня рентабельності. Проте в межах кожного удобреного фону збільшення норм висіву 300, 350, 400 та 450 нас./м² зумовлювало зворотну тенденцію. Найвищим рівень рентабельності у сорту озимої пшениці Реформ виявився за умов застосування норми добрив $N_{75}P_{60}K_{60}$. За статистично однакового рівня урожайності зерна рентабельність зменшувалася і становила: 140,1% за норми 300 нас./м², 137,7% за 350 нас./м², 132,7% за 400 нас./м² та 128,5%

за 450 нас./м². У сорту Бодицек відповідно 128,8%, 125,4%, 120,9%, 116,3%.

Коефіцієнт енергетичної ефективності у сорту озимої пшениці Реформ найвищим був в середньому за три роки при нормі висіву 300 нас./м² і становив на контрольному варіанті 4,63, при застосуванні мінеральних добрив N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ та N₇₅P₆₀K₆₀ він був дещо нижчим 4,30; 4,21 і 4,15 відповідно, а у сорту Бодицек – 4,41; 4,09; 3,99 та 3,94 відповідно.

Ключові слова: пшениця озима, *Triticum aestivum* L., мінеральні добрива, норми висіву насіння, вплив фактора, селекційні сорти, сортові особливості, польова схожість, перезимівля рослин, виживання рослин, структура врожаю, кількість рослин, кількість продуктивних стебел, коефіцієнт кушення, фази росту, площа листкової поверхні, маса сухої речовини, кількість зерен, маса зернівки, урожайність зерна, натура зерна, вміст білка, вміст клейковини, економічний аналіз, енергетичний аналіз, собівартість, рентабельність

ANNOTATION

Svynar M. Formation of yield and grain quality of winter wheat depending on the application of technological factors in the conditions of the Right Bank Forest Steppe. – Qualification scientific work as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 «Agronomy» – Higher Educational Institution «Podillia State University», Kamianets-Podilskyi, 2026.

The relevance of the research topic is determined by the need to substantiate effective approaches to the development of grain production in accordance with modern challenges facing agricultural production. Climate change, unstable weather conditions, and the continuous increase in the cost of mineral fertilizers, fuel and lubricants, and technical resources require the improvement of crop cultivation technologies. Winter wheat remains one of the most important strategic crops in Ukraine, as it ensures the country's food security and forms a significant part of the export potential of the grain sector. In this regard, particular importance is attached to maximizing the genetic potential of modern varieties through the implementation of scientifically grounded, resource-saving cultivation technologies. Among the main technological factors

determining yield level and grain quality, mineral nutrition and seeding rate occupy a prominent place. The optimal combination of these technological elements contributes to the formation of a favorable plant density, improves the utilization of soil moisture and nutrients, and positively affects crop productivity and grain quality indicators. At the same time, modern winter wheat varieties differ in their response to mineral nutrition levels and crop density, while their productivity largely depends on soil and climatic conditions. Therefore, determining and substantiating optimal fertilizer rates and seeding rates for the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe is an important scientific and practical task.

The aim of the study was to establish the patterns of managing the agro-phytocenosis structure, yield level and grain quality of winter wheat depending on the influence of individual cultivation technology elements.

The research was conducted during 2022–2025 at the «Samosyl» farm in Chortkiv District, Ternopil Region, in accordance with the cooperation agreement concluded with the Department of Crop Production, Plant Breeding and Seed Production of Podillia State University. Within the framework of the dissertation research, two field experiments were established to evaluate two technological factors in the cultivation of the early-maturing winter wheat variety Bodycek and the medium-late variety Reform. Factor A included mineral fertilizer application rates: $N_0P_0K_0$ (control, without fertilization), $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ and $N_{75}P_{60}K_{60}$. Factor B included seeding rates of 300, 350, 400 and 450 seeds/m².

The results revealed the dependence of field germination, overwintering and overall plant survival of winter wheat varieties on mineral fertilizer application and seeding rates. The peculiarities of growth and development of winter wheat plants under the influence of the studied technological factors were established. Optimal seeding rates and fertilizer application rates were identified, and their impact on yield formation and yield structure components was determined. The main regularities of the formation of technological and biochemical grain quality indicators under the influence of mineral fertilizer rates and seeding rates were established. The economic and energy efficiency of winter wheat cultivation depending on the studied factors was substantiated.

Experimental data comprehensively reflected the nature and degree of influence of the studied technological factors on winter wheat agrocenosis formation. It was established that mineral fertilizer application increased the number of winter wheat plants compared with the control. Under fertilization treatments $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ and $N_{75}P_{60}K_{60}$, the studied indicator was statistically similar and amounted to 312, 313 and 311 plants/m², respectively, for the Bodycek variety, and 311, 311, and 312 plants/m² for the Reform variety. In the unfertilized control treatment, plant density was lower and amounted to 290 and 288 plants/m², respectively. Under the influence of seeding rates of 300, 350, 400 and 450 seeds/m², a consistent increase in plant density was observed. In the Bodycek variety, the number of plants amounted to 248, 288, 324 and 365 plants/m², respectively, where as in the Reform variety it reached 246, 288, 323 and 363 plants/m². The density of productive stems in winter wheat largely depended on the level of mineral nutrition and seeding rate. Increasing fertilizer application from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ resulted in an increase in the number of productive shoots (NPS) from 342 to 662 shoots m² in the Bodycek variety and from 379 to 704 shoots m² in the Reform variety. Likewise, increasing the seeding rate from 300 to 450 seeds/m² contributed to an increase in productive stem density from 468 to 542 shoots/m² and from 506 to 583 shoots/m², respectively. According to the analysis of variance, fertilizer rates had the dominant effect on productive stem density formation, accounting for 94.82% of the variation in the Bodycek variety and 94.66% in the Reform variety, whereas the contribution of seeding rates (SR) was only 5.11% and 5.26%, respectively. The relationship between productive stem density and the studied factors was described by the following linear regression equations: Bodycek variety: $NPS^B = 134.4375 + 1.6194 NPK + 0.4985 SR$. Reform variety: $NPS^R = 167.3327 + 1.6359 NPK + 0.5105 SR$. The tillering intensity of winter wheat depended on both the seeding rate and the level of mineral nutrition. Increasing the seeding rate from 300 to 450 seeds/m² resulted in a decrease in the tillering coefficient from 1.87 to 1.48 in the Bodycek variety and from 2.04 to 1.60 in the Reform variety. At the same time, increasing fertilization from the control treatment to $N_{75}P_{60}K_{60}$ increased this parameter from 1.19 to 2.15 and from 1.33 to 2.28, respectively.

The obtained experimental results characterize the nature and magnitude of the

influence of the studied technological factors on yield structure components and grain yield of winter wheat. The number of grains per spike depended on both mineral nutrition and seeding rate. Increasing fertilizer rates from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ was accompanied by a decrease in the number of grains per spike from 31.77 to 29.92 grains in the Bodycek variety and from 31.14 to 29.42 grains in the Reform variety. A similar trend was observed with increasing seeding rates from 300 to 450 seeds/m², under which the number of grains per spike decreased from 31.99 to 29.58 grains and from 31.36 to 29.10 grains, respectively. Analysis of variance showed that the seeding rate exerted the greatest influence on grain number per spike, accounting for 62.27% of the variation in the Bodycek variety and 62.78% in the Reform variety, whereas the effect of mineral nutrition was lower, amounting to 37.01% and 36.51%, respectively. The dependence of grain number per spike (GNS) on the studied factors was described by the following linear regression equations: Bodycek variety: $GNS^B = 37.91246 - 0.00923 \text{ NPK} - 0.01600 \text{ SR}$; Reform variety: $GNS^R = 39.91006 - 0.00857 \text{ NPK} - 0.01502 \text{ SR}$. The grain weight per spike was influenced by both mineral nutrition and seeding rate. Increasing fertilizer application from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ resulted in a reduction of grain weight from 42.14 to 39.53 mg in the Bodycek variety and from 42.73 to 40.30 mg in the Reform variety. A similar trend was observed with increasing seeding rates from 300 to 450 seeds/m², under which grain weight decreased from 42.03 to 39.60 mg and from 42.56 to 40.37 mg, respectively. The analysis of variance indicated that fertilizer rates had a slightly greater effect on grain weight per spike (GWS), accounting for 54.52% of the variation in the Bodycek variety and 56.12% in the Reform variety, while the effect of seeding rate amounted to 45.03% and 43.32%, respectively. The relationships were described by the following linear regression equations: Bodycek variety: $GWS^B = 48.38532 - 0.01314 \text{ NPK} - 0.01608 \text{ SR}$; Reform variety: $GWS^R = 48.37998 - 0.01231 \text{ NPK} - 0.01454 \text{ SR}$. Winter wheat grain yield was significantly affected by the level of mineral nutrition. Increasing fertilizer rates from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ ensured a statistically significant increase in grain yield from 4.38 to 7.69 t/ha in the Bodycek variety and from 4.82 to 8.11 t/ha in the Reform variety. At the same time, variation in seeding rates within the range of 300–450 seeds/m² did not have a statistically significant effect on grain yield

formation.

Experimental data indicate a substantial influence of the studied technological factors on winter wheat grain quality. The technological quality of winter wheat grain, expressed through test weight, was affected by both mineral fertilizer application and seeding rates. Increasing fertilizer rates from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ resulted in a decrease in test weight from 768.9 to 750.0 g/L in the Bodycek variety and from 766.7 to 748.2 g/L in the Reform variety. The highest test weight values were recorded at seeding rates of 350 and 400 seeds/m². In the Bodycek variety, they amounted to 762.2 and 763.2 g/L, respectively, whereas in the Reform variety they reached 760.3 and 761.5 g/L. Analysis of the contribution of the studied factors demonstrated the predominance of mineral fertilizer effects, accounting for 85.75% of the variation in the Bodycek variety and 83.08% in the Reform variety, while the contribution of seeding rates was only 14.14% and 16.81%, respectively. The biochemical quality of winter wheat grain, assessed by protein content, was influenced by both mineral fertilization and seeding rate. Increasing fertilizer rates from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ promoted an increase in grain protein content from 11.9 to 14.3% in the Bodycek variety and from 11.7 to 13.9% in the Reform variety. The highest protein contents were recorded at seeding rates of 350 and 400 seeds/m², reaching 13.5 and 13.6% in the Bodycek variety and 13.2 and 13.4% in the Reform variety, respectively. Evaluation of factor effects confirmed the dominant role of mineral fertilizers, which accounted for 84.48% of the variation in the Bodycek variety and 81.29% in the Reform variety, whereas the contribution of seeding rates amounted to only 15.10% and 18.41%, respectively. The biochemical quality of winter wheat grain, assessed by gluten content, was determined by both mineral fertilization and crop density. Increasing fertilizer rates from $N_0P_0K_0$ to $N_{75}P_{60}K_{60}$ resulted in an increase in gluten content from 26.8 to 28.7% in the Bodycek variety and from 26.3 to 28.4% in the Reform variety. The highest values were observed at seeding rates of 350 and 400 seeds/m², reaching 28.1 and 28.2% in the Bodycek variety and 27.7 and 27.9% in the Reform variety, respectively. Analysis of factor effects revealed that mineral fertilizer rates played the decisive role in gluten formation, accounting for 87.28% of the variation in the Bodycek variety and 88.60% in the Reform variety. The influence of seeding rates was

less pronounced, amounting to 12.52% and 11.06%, respectively.

It was established that each increase in mineral fertilizer rate resulted in a corresponding increase in profitability. However, within each fertilized treatment, increasing the seeding rate from 300 to 450 seeds/m² led to the opposite trend. The highest profitability level for the Reform winter wheat variety was obtained under the application of N₇₅P₆₀K₆₀. Despite statistically similar grain yields, profitability decreased from 140.1% at a seeding rate of 300 seeds/m² to 137.7%, 132.7% and 128.5% at seeding rates of 350, 400 and 450 seeds/m², respectively. For the Bodycek variety, the corresponding profitability values were 128.8%, 125.4%, 120.9%, and 116.3%.

The energy efficiency coefficient of the Reform winter wheat variety was highest, on average over the three-year study period, at a seeding rate of 300 seeds/m². It amounted to 4.63 in the control treatment and was slightly lower under fertilizer applications of N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ and N₇₅P₆₀K₆₀, reaching 4.30, 4.21, and 4.15, respectively. In the Bodycek variety, the corresponding values were 4.41, 4.09, 3.99, and 3.94, respectively.

Keywords: winter wheat, *Triticum aestivum* L., mineral fertilizers, seeding rates, factor influence, breeding varieties, varietal characteristics, field emergence, overwintering of plants, plant survival, yield structure, number of plants, number of productive stems, tillering coefficient, growth stages, leaf area, dry matter accumulation, grain number, grain weight, grain yield, test weight, protein content, gluten content, economic analysis, energy analysis, production cost, profitability

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Свинар М.М. Залежність польової схожості та загального виживання рослин пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2024. №138. С. 154-158. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.19>

2. Климишена Р.І., Свинар М.М. Урожайність зерна пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Зрошуване землеробство*. 2025. Вип. №84. С. 63-67. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2025.84.9>

3. Свинар М.М. Залежність вмісту клейковини в зерні пшениці озимої від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Аграрні інновації*. 2025. №34. С. 154-157. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.22>

Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Свинар М.М., Смук А.І., Гура Д.В. Господарське значення пшениці. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали VI Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 28 квітня 2023 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. С. 159-160.

5. Свинар М.М., Корнієнко Д., Климишена Р.І. Науково-теоретичне обґрунтування застосування добрив при вирощуванні пшениці озимої. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали VII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 25 квітня 2024 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2024. С. 117-119.

6. Свинар М., Черновол І., Пипа Б., Климишена Р. Ботанічно-морфологічні особливості пшениці озимої. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали VIII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 25 квітня 2025 р. Кам'янець-Подільський, 2025. С. 144-146.

7. Свинар М.М. Залежність виживання рослин пшениці озимої від впливу технологічних факторів. *Інновації в агросекторі: наука і практика для сталого розвитку: матеріали науково-практичної конференції*. 11 листопада 2025 р. Снятин, 2025. С. 7-9.

8. Свинар М.М., Климишена Р.І. Залежність кількості рослин пшениці озимої від впливу технологічних факторів. *Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Євроінтеграції: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної онлайн конференції*. 20-21 листопада 2025 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. С. 206-208.

9. Свинар М.М. Залежність кількості зерен в колосі пшениці озимої від впливу технологічних факторів. *Scientific development in a changing world: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*. 13-15 квітня 2026 р. Львів, 2026. С. 36-39.

10. Свинар М. Польова схожість насіння пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали IX Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 23 квітня 2026 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2026. С. 175-176.

ВСТУП

Озима пшениця належить до стратегічних зернових культур в Україні, відіграючи ключову роль у забезпеченні продовольчої незалежності та наповненні експортного бюджету АПК. Ефективність сучасного рослинництва безпосередньо пов'язана із зростанням продуктивності та покращенням технологічних властивостей зерна через удосконалення елементів вирощування. Повноцінне розкриття біологічного потенціалу нових сортів культури зумовлене оптимізацією норм висіву та збалансованістю азотно-мінерального живлення. Саме ці чинники регулюють динаміку росту, структуру агрофітоценозу та рівень чистої продуктивності фотосинтезу.

Застосування мінеральних добрив виступає потужним інструментом інтенсифікації зерновиробництва, оптимізуючи режим живлення агрофітоценозу протягом усього періоду вегетації. Проте порушення правил їх внесення – як дефіцит, так і профіцит – нівелює позитивний ефект, погіршуючи технологічні властивості зерна та знижуючи рентабельність виробництва. Паралельно з цим, структура агрофітоценозу та рівень міжрослинної конкуренції за лімітуючі фактори середовища (інсоляцію, вологу, елементи живлення) визначаються нормою висіву, яка безпосередньо моделює структуру майбутнього врожаю.

Зона Правобережного Лісостепу України характеризується сприятливим ґрунтово-кліматичним потенціалом для формування високої продуктивності озимої пшениці, проте рівень його реалізації безпосередньо залежить від синергії технологічних прийомів. З огляду на це, комплексне вивчення дії мінеральних добрив та норм висіву на врожайність і якісні показники зерна є нагальним науково-практичним завданням. Результати таких досліджень дозволять теоретично обґрунтувати та впровадити оптимальні параметри вирощування культури в конкретних умовах регіону.

Актуальність теми досліджень зумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва зерна пшениці озимої в умовах сучасних викликів аграрного сектору, пов'язаних зі змінами клімату, нестабільністю погодних умов

та зростанням вартості матеріально-технічних ресурсів. Пшениця озима є стратегічно важливою культурою для України, оскільки забезпечує продовольчу безпеку населення та формує значну частку експортного потенціалу країни. Тому пошук шляхів максимальної реалізації продуктивного потенціалу сучасних сортів за раціонального використання ресурсів має важливе наукове та практичне значення.

Серед основних технологічних факторів, які визначають рівень урожайності та якість зерна пшениці озимої, особливе місце займають мінеральні добрива та норми висіву насіння. Оптимізація цих елементів технології сприяє формуванню високопродуктивного агроценозу, покращенню умов росту і розвитку рослин, ефективнішому використанню вологи та поживних речовин, а також підвищенню показників якості зерна. Водночас реакція сучасних сортів пшениці озимої на рівень мінерального живлення та густоту посіву може істотно відрізнятися залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Для умов Правобережного Лісостепу України питання встановлення оптимального поєднання норм мінеральних добрив і норм висіву залишається актуальним, оскільки потребує уточнення з урахуванням сучасних сортів та змін агрокліматичних умов. Саме тому дослідження особливостей формування врожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування зазначених технологічних факторів є важливим напрямом наукових досліджень і має практичне значення для вдосконалення технології вирощування культури.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Наукова дисертаційна робота була виконана впродовж 2022–2025 років у межах науково-дослідної тематики кафедри рослинництва, селекції та насінництва ЗВО «Подільський державний університет» (номер державної реєстрації 0124U003080).

Мета та завдання досліджень. Мета досліджень полягала у встановленні закономірностей управління структурою агрофітоценозу, рівнем урожайності та якістю зерна пшениці озимої залежно від впливу окремих елементів технології вирощування.

Відповідно до мети роботи було сформульовано такі завдання:

- встановити закономірності формування польової схожості насіння, перезимівлі та загального виживання рослин сортів пшениці озимої залежно від впливу мінерального удобрення та норм висіву;
- дослідити особливості росту та розвитку рослин сортів пшениці озимої залежно від досліджуваних технологічних факторів;
- виявити оптимальні норми висіву та норми застосування мінеральних добрив, а також встановити їх вплив на формування врожаю сортів пшениці озимої та урожайність за елементами структури;
- встановити основні закономірності формування технологічної та біохімічної якості зерна сортів пшениці озимої від впливу застосованих норм мінеральних добрив та норм висіву;
- дати економічну та енергетичну оцінку вирощування пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів.

Об'єкт дослідження – рослини, посіви, зерно пшениці озимої як складові компоненти агрофітоценозу в процесі росту та розвитку.

Предмет дослідження – норми застосування мінеральних добрив, норми висіву насіння, сорти пшениці озимої, урожайність зерна, продовольча якість зерна.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використано комплекс загальноприйнятих у агрономічній науці методів: *польовий* – для вивчення взаємодії сортів пшениці озимої з технологічними чинниками (норми висіву, норми добрив) та їхнього впливу на формування агрофітоценозу; *візуальний* – для проведення фенологічних спостережень, визначення фаз росту та розвитку рослин; *лабораторний* – для визначення показників якості зерна (вмісту білка, клейковини тощо); *ваговий* – для встановлення структури врожаю та фактичної врожайності зерна; *статистичний* – для математичної обробки результатів досліджень з метою підтвердження вірогідності отриманих даних (дисперсійний, регресійний та кореляційний аналізи); *розрахунково-порівняльний* – для визначення економічної та енергетичної ефективності вирощування сортів пшениці озимої.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у комплексному науково-

теоретичному обґрунтуванні впливу елементів технології вирощування на продуктивність пшениці озимої в ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу.

Вперше встановлено характер сумісного впливу норм висіву насіння та застосованих норм мінеральних добрив на формування продуктивності сучасних сортів пшениці озимої. Виявлено закономірності забезпечення якості зерна залежно від взаємодії генотипу сорту та технологічних чинників.

Удосконалено елементи технології вирощування пшениці озимої в частині оптимізації густоти стояння рослин та норм внесення мінеральних добрив, що забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу сортів.

Дістала подальший розвиток технологія вирощування пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу через оптимізацію норм висіву та норм мінеральних добрив, що сприяє підвищенню продуктивності та покращенню якісних показників зерна.

Практичне значення одержаних результатів. Для формування високої врожайності пшениці озимої сортів Бодицек (6,8–7,7 т/га) та Реформ (7,3–8,2 т/га) і отримання високих показників якості зерна в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземах опідзолених рекомендовано вносити мінеральні добрива в нормі $N_{60-75}P_{45-60}K_{45-60}$ дотримуючись норм висіву 350–400 схожих насінин на 1 м², що забезпечуватиме вміст білка в зерні в межах 13,7–14,6%, вміст клейковини – 28,2–29,0% та натуру зерна – 750,5–761,1 г/л.

Результати досліджень пройшли перевірку на виробництві та впроваджені площі 60 га в ВК «ІСКРА-2007» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області; на площі 35 га в ПП «МРІЯ-2010» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області; на площі 45 га в ТОВ «Буковинський сад» Дністровського району Чернівецької області; на площі 50 га в ФГ «Беррі» Тернопільського району Тернопільської області та на площі 30 га в ФГ «Зоря» Городоцького району Хмельницької області.

Особистий внесок здобувача полягає у безпосередній реалізації всіх етапів наукового дослідження: від теоретичного обґрунтування проблеми та проведення

польових дослідів до математичної обробки та інтерпретації отриманих даних. Всі наукові праці, що висвітлюють основні положення дисертації, підготовлені автором особисто. Здобувачем розроблено та впроваджено у виробництво практичні заходи щодо оптимізації елементів технології вирощування пшениці озимої.

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати дисертаційної роботи було представлено й обговорено на VI Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві» (м. Кам'янець-Подільський, 2023); VII Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві» (м. Кам'янець-Подільський, 2024); VIII Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві» (м. Кам'янець-Подільський, 2025); науково-практичній конференції «Інновації в агросекторі: наука і практика для сталого розвитку» (м. Снятин, 2025); I Міжнародній науково-практичній онлайн конференції «Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Євроінтеграції» (м. Кам'янець-Подільський, 2025); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Scientific development in a changing world» (м. Львів, 2026); IX Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві» (м. Кам'янець-Подільський, 2026), а також щороку представлялися під час звітних наукових конференцій молодих учених на факультеті агротехнологій і природокористування ЗВО «ПДУ» упродовж 2022–2026 рр.

Публікації. За матеріалами проведених досліджень опубліковано 10 наукових робіт, зокрема 3 статті у наукових фахових виданнях та 7 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних і всеукраїнських конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертація викладена на 140 сторінках комп'ютерного тексту й складається зі вступу, 6 розділів, висновків (що налічують 16 пунктів), рекомендацій виробництву та 63 додатки. Текст ілюстровано 29 рисунками та 44 таблицями. Список використаних джерел містить 181 найменування, у тому числі 70 з яких наведено латинецею.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (Огляд літератури)

1.1. Ефективність використання мінеральних добрив у технології вирощування пшениці озимої

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є однією з основних зернових культур у системі землеробства України та світу. Вона забезпечує продовольчу безпеку країни, а також експортний потенціал аграрного сектору. Якість та величина врожаю цієї культури в більшій мірі залежать від оптимізації елементів живлення, а саме від застосування мінеральних добрив – азотних, фосфорних і калійних, які постійно є предметом дослідження в агрономії [1, 2].

З давніх давен відомо, що мінеральні добрива забезпечують рослини доступними формами азоту, фосфору та калію. Одним із ключових моментів формування високої продуктивності та якості зернових культур є забезпечення рослин збалансованим мінеральним живленням.

Азот (N) належить до макроелементів, які відіграють важливу роль в забезпеченні нормального росту, розвитку та продуктивності рослин. Цей елемент входить до складу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, ферментів, а також хлорофілу, що підтверджує його значущість у процесах обміну речовин та фотосинтезу в рослинних організмах. Азот є компонентом хлорофілу, що безпосередньо впливає на процес фотосинтезу та продуктивність рослини. Його нестача спричиняє зниження інтенсивності асиміляції вуглецю, в результаті чого, це негативно позначається на врожайності культури.

Ефективність вирощування пшениці озимої залежить не тільки від забезпечення рослин азотом, але й від збалансованого співвідношення його з іншими елементами живлення, такими як фосфор і калій. Це сприятиме повній реалізації генетичного потенціалу сортів [3].

Результати численних досліджень свідчать, що достатнє забезпечення рослин доступним азотом сприяє покращенню важливих показників продуктивності

пшениці озимої. Зокрема, І.М. Шегеда та інші встановили, що на високому фоні мінерального живлення з додатковим позакореневим підживленням карбамідом спостерігалось підвищення інтенсивності фотосинтезу, формування більшої маси зерна та вищого вмісту білка порівняно з низькими нормами NPK. Це в свою чергу доводить про важливість збалансованого азотного живлення з метою забезпечення продуктивності та якості зерна [4].

Азотне живлення є важливим фактором сільськогосподарської продуктивності – так вважають вчені Шаньсійського сільськогосподарського університету [5]. Вони впродовж 2020-2022 років провели польові дослідження з вивчення впливу різних норм внесення азоту 0, 90, 180, 210, 240, 270 та 300 кг/га на ріст, розвиток, поглинання азоту, врожайність та вміст білка в озимій пшениці з метою визначення оптимального режиму азотного удобрення для отримання високої врожайності. Результати показали, що внесення азоту в нормах 210 та 240 кг/га були особливо ефективними і значно покращили ключові параметри росту. Спостерігалось збільшення кількості пагонів, що зрештою призвело до вищої врожайності.

Азот – це основний елемент, який приймає участь в метаболізмі рослин, впливає на синтез вуглеводів і білків, водний баланс та фотосинтетичну активність. Достатнє забезпечення N ґрунту є необхідним для нормальної функції фотосинтетичного апарату і формування оптимальних рівнів асиміляції, що безпосередньо пов'язано з потенційною врожайністю [6]. Недостатня кількість азоту, навпаки, може призводити до зниження інтенсивності фотосинтезу, слабшого розвитку вегетативних органів і зменшення маси зерна та вмісту білка в ньому [4].

Щодо ефективності азотного удобрення, то важливим є не тільки кількість застосованого елемента живлення, але й норма і строк його внесення. Дослідження показують, що при роздільному внесенні азоту, тобто частина – перед сівбою, а частина – під час весняної вегетації підвищує ефективність використання азоту рослинами, зменшує втрати його у ґрунті і сприяє досягненню високих показників урожайності [6].

Отже, азот є одним із ключових елементів мінерального живлення, що істотно впливає на продуктивність пшениці озимої. Оскільки він відіграє важливу роль у фотосинтетичній активності, синтезі білків, формуванні вегетативної маси та зерна. Збалансоване азотне живлення разом із іншими елементами живлення є невід'ємною частиною сучасних агротехнологій вирощування пшениці. Глибокий аналіз вивчення азотного удобрення та адаптація норм їх внесення до конкретних агрокліматичних умов сприятимуть підвищенню ефективності мінерального живлення та покращенню економічних показників виробництва зерна.

Фосфор (Р) також є одним із ключових макроелементів, необхідних для нормального росту й розвитку сільськогосподарських культур, зокрема й пшениці озимої [7, 8, 9]. Цей елемент входить до складу нуклеїнових кислот, фосфоліпідів та аденозинтрифосфату (АТФ), що забезпечує енергію для метаболічних процесів, фотосинтезу та росту кореневої системи. Нестача фосфору призводить до зниження продуктивності, затримки вегетації та зменшення врожаю зерна.

Фосфор відіграє ключову роль у багатьох життєво важливих процесах рослинного організму [10]. Він активує ферментативні реакції обміну речовин, бере участь в енергетичних процесах через АТФ і сприяє розвитку кореневої системи, що є важливим для поглинання води та необхідних елементів живлення. Окрім того фосфор потрібен для синтезу ДНК, РНК і мембранних фосфоліпідів, які забезпечують правильний ріст рослини та допомагають їй пристосовуватися до стресових умов.

Фосфор є важливим на всіх етапах росту і розвитку рослин, від проростання насіння до росту коренів, листя та стебел, а також формування квіток та насіння. Незважаючи на його велику кількість, його доступність для рослин сильно обмежена, оскільки його значна частина зв'язана в нерозчинних комплексах з ґрунтовими мінералами, такими як алюміній або залізо, що робить його значною мірою недоступним для рослин [11].

Незважаючи на широке застосування фосфорних добрив, лише 10–30% використовується рослинами, причому більша частина фосфору потенційно вимивається з ґрунту у водойми [12]. Підвищення продуктивності сільськогосподарських культур

господарства може бути досягнуто шляхом застосування оптимального рівня фосфорних добрив, який відповідає фізіологічним потребам культури. Збалансоване та оптимальне застосування мінеральних добрив не лише сприяє росту, але й має вирішальне значення для підвищення врожайності. Польові дослідження проведені в Пакистані з вивчення впливу різних норм внесення фосфорних добрив 0, 40, 80, 120 кг/га на ріст і розвиток рослин, врожайність та прибуток чотирьох сортів пшениці. Максимальна урожайність зерна (21%) та індекс збору врожаю (11%) отримані при нормі добрив 80 кг порівняно з 40 та 120 кг [13]. Крім того, під впливом P підвищувалися також вміст та засвоєння інших макро- і мікроелементів.

Ряд авторів W. Zhang, D. Liu, Y. Liu, X. Chen, C. Zou впродовж 2013-2015 років провели польовий експеримент з пшеницею озимою, який включав різні норми внесення фосфорних добрив (0, 25, 50, 100, 200, 400 кг/га) і оцінили їх вплив на вміст білка в зерні та борошні, і особливо на біодоступність цинку (Zn) [14]. Дослідження показали, що підвищення норми фосфорних добрив до певного рівня (50 кг/га) сприяло збільшенню урожайності зерна. Із збільшенням внесення фосфору вміст білка в зерні та стандартному борошні, а також в'язкість стандартного борошна зменшувалися. Ці результати свідчать про необхідність оптимізації фосфорного живлення та діагностики стану рослин, щоб уникати надмірного внесення.

Фосфор відносно малорухливий, він щорічно переміщається тільки на сантиметри, тому доступність його для кореневої системи часто обмежена, особливо на важких структурованих ґрунтах. Цей елемент мінерального живлення лише умовно доступний для рослин, які ніколи неспроможні засвоїти його повністю. Рослини стикаються з серйозною конкуренцією з боку ґрунту. Саме в ньому фосфор перетворюється на важкодоступні сполуки, а також стає джерелом для існування мікроорганізмів та бур'янів [15].

Надзвичайно важливою є оптимізація використання фосфорних добрив зважаючи на екологічні проблеми, які пов'язані з надлишковим удобренням та дефіциту фосфору. Для діагностики та оцінювання потреб рослин у фосфорі

використовують індекси фосфорного живлення на основі концентрації їх у вегетативних органах рослини, які дозволяють визначити кількість Р-добрив для забезпечення максимального врожаю [16].

Отже, фосфор є важливим елементом мінерального живлення, який істотно впливає на формування посівів, урожайність та якість зерна пшениці озимої. На основі наукових даних доведено, що при оптимальному забезпеченні фосфором рослин спостерігається висока врожайність пшениці та краще засвоєння інших поживних елементів. Тоді як надмірне внесення фосфорних добрив може призводити до зниження окремих показників якості зерна, а також до зменшення біодоступності інших мікроелементів. Ефективність засвоєння фосфору залежить від ґрунтово-кліматичних умов, методів внесення добрив і генетичних особливостей культури. Тому важливо розробити адаптовану систему живлення, яка враховуватиме всі ці аспекти.

Калій (К) також належить до важливих макроелементів необхідних для пшениці озимої. Він відіграє вагомую роль у фізіології рослини, а також забезпеченні високих показників урожайності. Калій є третім за обсягом потреб після азоту та фосфору, проте його вплив на продуктивність і стійкість рослин має особливі аспекти, що вимагають детального аналізу.

Калій – це макроелемент, який приймає активну участь в рості та розвитку рослин, сприяє розширенню клітин, підтримує тургорний тиск, осморегуляцію, а також є фактором активації для деяких ферментів [17]. Ця особливість особливо важлива для пшениці в умовах абіотичного стресу, так як скільки забезпечує підвищену стійкість рослин до несприятливих факторів зовнішнього середовища. Більшість проведених досліджень свідчать, що в умовах посухи у рослин зростає потреба в калію [18]. Було доведено, що збільшення норм калієвих добрив сприяє підвищенню продуктивності рослин в стресових умовах [19]. Калій приймає активну участь в різних біохімічних та фізіологічних процесах рослини: синтез білка, вуглеводний обмін, тощо [18, 20].

Дослідження проведені впродовж 2017-2019 років в Ірані показали, що застосування калію сприяє підвищенню фотосинтетичної ефективності рослин, а

також накопиченню води в тканинах навіть в посушливих умовах. Окрім того, внесення високих норм калію покращувало ефективність фотосинтезу та продуктивність рослин пшениці [21].

Калій сприяє розвитку кореневої системи, що покращує здатність рослини поглинати воду та поживні речовини з ґрунту. Недостатня кількість калію призводить до уповільненого росту бічних коренів, зниження ефективності фотосинтезу та прискореного старіння листя.

Достатнє забезпечення калієм підвищує ефективність використання азоту та фосфору, що позитивно впливає на формування кількості колосків, їхньої довжини та виповненості зерна. Окрім впливу на продуктивність, калій також ще й впливає на якісні показники зерна, такі як маса 1000 зерен, вміст білка, вміст клейковини тощо. Деякі дослідження показують, що фоліарне, або позакореневе підживлення калієм у певні фази росту і розвитку рослин може сприяти підвищенню вміст білка та покращувати якість зерна, хоча це може залежати і від сорту, і від агротехнічних умов вирощування [22].

В процесі вегетації рослини пшениці озимої засвоюють значну кількість калію. Як правило, для формування врожаю зерна 1 т потрібно приблизно 20-27 кг калію. Через вимивання його з ґрунту виникає необхідність в регулярному внесенні.

Досить цікаві дослідження були виконані впродовж 2016-2018 років в Китаї. Проведені польові експерименти, де вивчали одноразове та роздільне внесення калійних добрив та їх вплив на врожайність зерна пшениці озимої, елементи врожайності, фізіологічні характеристики листків, динаміку накопичення калію, тощо. В підсумку доведено ефективність проведення роздільного внесення калію, порівняно з одноразовим. Окрім того, така схема внесення калію сприяла покращенню маси 1000 зерен, урожайності та підвищувала фотосинтетичну активність [23].

Калій також добре взаємодіє з іншими макроелементами, особливо з азотом. При нестачі калію засвоєння азоту рослинами значно зменшується, що в свою чергу може негативно впливати на продуктивність.

Отже, поряд з азотом та фосфором калій також є важливим елементом мінерального живлення пшениці озимої, який забезпечує нормальний розвиток кореневої системи, підтримує водний баланс, стійкість до абіотичних і біотичних стресів, оптимальні фізіологічні процеси рослини.

Оптимальне забезпечення калієм сприяє збільшенню урожайності та покращенню якості зерна, що підтверджено результатами численних сучасних досліджень.

Таким чином, можна сказати, що калій є невід'ємною складовою сучасної системи мінерального живлення пшениці озимої, що визначає її продуктивність, стійкість та якість продукції.

Продуктивність та якість зерна пшениці озимої значною мірою залежать від науково-обґрунтованої системи мінерального живлення, яка включає оптимальні норми макро- та мікроелементів [24]. Надлишок або нестача елементів живлення, як правило, призводить не тільки до зниження врожайності та погіршення якості зерна, але й до зростання ризику розвитку стресових реакцій рослин [25, 26].

Для формування врожаю пшениця озима виносить значну кількість поживних елементів із ґрунту. Так, Г.М. Господаренко зазначає, що на 1 т зерна показники виносу поживних речовин становлять N – 22,7 кг, P_2O_5 – 8,0 кг, K_2O – 5,5 кг, а на 1 т соломи – 5,7 кг, 1,9 кг та 10,7 кг, відповідно [27]. У 2011 році в ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського» розроблено методику розрахунку балансу NPK, в якій зазначені інші норми виносу з 1 т соломи: N – 5,1 кг, P_2O_5 – 1,6 кг, K_2O – 9,9 кг [28]. М.М. Городній, О.В. Грищенко та О.М. Генгало наводять дещо вищі значення виносу, що відповідають вмісту поживних речовин у зерні: N – 2,50%, P_2O_5 – 0,85%, K_2O – 0,65%; у соломі – N – 0,50%, P_2O_5 – 0,20%, K_2O – 0,90% [29]. Це підкреслює важливість достатнього забезпечення NPK для реалізації врожайності сучасних високопродуктивних сортів пшениці.

Співвідношення елементів живлення в зерні та соломі пшениці озимої сучасних сортів відрізняється від сортів, що вирощувалися в ХХ ст. оскільки вони характеризуються дещо вищою вимогливістю накопичення азоту по відношенню до фосфору та калію у зерні. Впродовж 2016–2020 рр. за даними випробувань

середній винос елементів живлення з 1 т зерна становить N – 21,6 кг, P_2O_5 – 6,5 кг, K_2O – 4,6 кг; а з 1 т соломи – N – 4,9 кг, P_2O_5 – 1,1 кг, K_2O – 17,5 кг [30].

У процесі росту та формування врожаю пшениця поглинає з ґрунту поживні речовини. Дослідження балансу елементів живлення показали, що під час вирощування на дерново-підзолистих ґрунтах спостерігається специфічна динаміка азоту, фосфору та калію як у ґрунті, так і в рослинах. Це потребує ретельного коригування норм внесення добрив залежно від особливостей ґрунтово-кліматичних умов [31].

Дослідження проведенні на дослідному полі Полтавського інституту ім. М.І. Вавилова в умовах Лівобережного Лісостепу показують, що застосування повного мінерального удобрення сприяє підвищенню рівня коефіцієнта продуктивності рослин і рівномірному розподілу ресурсів у вегетаційний період. Зокрема, внесення добрив в нормі $N_{85}P_{96}K_{51}$ з додатковим підживленням навесні N_{30} забезпечувало отримання найвищих показників продуктивних структурних елементів пшениці озимої сорту Вдала [32].

Науковці В.В. Гангур, А.А. Кочерга, О.С. Пипко, Ю.І. Кабак та О.І. Лень в своїх дослідженнях виявили вплив різних норм мінеральних добрив на водоспоживання посівів пшениці озимої, а також рівень зернової продуктивності [33]. Вони довели, що саме цей фактор, який впливає на активність ростових процесів у рослин зумовлює підвищення коефіцієнта кушіння – на 14,6–34,7%, висоти рослин – на 2,9–8,7%, кількості зернин у колосі – на 1,8–10,1% порівняно з контрольним варіантом без удобрення. Встановлено, що в результаті використання мінеральних добрив спостерігається суттєве підвищення урожайності зерна пшениці озимої порівняно з контрольним варіантом на 0,45–0,92 т/га або 8,8–17,7%. Кращий варіантом мінерального живлення, який забезпечив максимальну урожайність пшениці озимої 6,11 т/га, був варіант за умови внесення добрив у нормі $N_{80}P_{90}K_{50}+N_{30}$.

Якість зерна безпосередньо залежить від мінерального живлення рослин. Отримані наукові дані свідчать про те, що норми внесення мінеральних добрив суттєво впливають на вміст білка, клейковини та інші технологічні показники зерна сортів пшениці озимої. Зокрема, І.В. Смірнова встановила, що врожайність та

якість зерна змінювалися залежно від фону мінерального живлення. В середньому за роки досліджень у сорту Кольчуга при внесенні розрахункової дози добрив отримано найвищий рівень урожайності – 3,40 т/га, що на 65,9% більше, як на контролі; вміст білка в зерні – 12,0% та клейковини – 31,5% [34].

Відомо також, що збалансоване мінеральне живлення покращує фізіологічний стан рослин, підвищує їх стійкість до різних хвороб і стресів. Такий ефект зумовлений не тільки наявністю макроелементів, але й важливою роллю мікроелементів, таких як цинк, бор, марганець та інші, які приймають активну участь в метаболічних процесах і сприяють синтезу захисних сполук [35].

Результати багатьох досліджень допомагають глибше зрозуміти важливість мінерального живлення. Наприклад, встановлено, що різні норми внесення добрив регулюють концентрацію мінералів у зерні (Zn, Fe, Se) без істотного зменшення вмісту цих елементів при збільшенні урожайності. Це має важливе значення для харчової якості продукту та харчування людини [36].

Надзвичайно серйозною проблемою для здоров'я людини є нестача мікроелементів, які мають важливе значення, допомагаючи запобігти хронічним захворюванням, зміцнюючи імунітет і покращуючи стійкість до вірусів. Основну частину потрібних вітамінів і мікроелементів ми отримуємо з харчових продуктів [36, 37]. Ряд проведених досліджень показує, що нестача мікроелементів в основному обумовлена відсутністю різноманітного раціону або залежністю від зернових культур з низькою їх концентрацією [38]. Пшениця – це основна зернова культура в Україні і світі, яка забезпечує значною кількістю енергії та протеїну, а також містить багато важливих поживних речовин, таких як Zn, Fe та Se [39, 40].

Зарубіжні науковці звертають також увагу на те, що від внесення мінеральних добрив може змінюватися вміст мікроелементів в зерні пшениці. Існують різні точки зору: більшість спостерігали підвищення концентрації мікроелементів в зерні пшениці при внесенні добрив [41], інші зазначали про їх зниження [42, 43], а деякі не встановили ніякого ефекту [44].

Вчені вважають, що така різноманітність отриманих результатів може бути пов'язана з нестабільною урожайністю сільськогосподарських культур,

властивостями ґрунтів тощо [43, 45].

Отже, підсумовуючи вище висвітлене слід зазначити, що мінеральне живлення є важливим фактором впливу на формування посівів, продуктивність та якість зерна пшениці озимої. Співвідношення макро- та мікроелементів забезпечує не тільки отриманню високих показників урожайності, але й технологічної якості зерна, зокрема вмісту білка, клейковини тощо.

1.2. Ефективність обґрунтування норм висіву в технології вирощування пшениці озимої

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) належить до найважливіших зернових культур. Вона займає значне місце за розмірами посівних площ та забезпечує вагому частину зерна на експорт, слугуючи фундаментом продовольчої безпеки та економічної стабільності агропромислового сектора АПК. На формування високих і стабільних урожаїв пшениці озимої впливають екологічні і технологічні фактори, до яких належать норми висіву насіння. Правильно підібрана норма висіву буде сприяти оптимізації густоти стояння рослин у посівах, кращому використанню вологи та поживних речовин з ґрунту, зменшенню конкуренції між рослинами, а також збільшенню продуктивності культури.

Норма висіву – це кількість насінин висіяних на одиниці площі посіву і виражених в мільйонах схожих насінин на 1 га (млн шт./га, кг/га або шт./м²) для забезпечення оптимальної густоти стояння рослин. Від неї залежить не тільки кількість рослин, які формуються на гектарі, а й умови їх росту і розвитку під час вегетації. Оптимальна норма висіву сприяє створенню щільного та рівномірного стеблестою, що знижує конкуренцію з боку бур'янів, забезпечує більш ефективне використання світла та вологи ґрунту. У результаті це позитивно впливає на інтенсивність продуктивних процесів і сприяє підвищенню врожайності.

Аналіз наукових джерел показує, що єдиної оптимальної норми висіву для всіх агроценозів не існує, адже вона визначається ґрунтово-кліматичними умовами, рівнем забезпеченості вологою, сортовими властивостями та застосуванням інших технологічних прийомів.

До одних із ключових агротехнічних факторів, які відіграють важливу роль у формуванні урожайності та якості зерна належать норми висіву насіння [46]. Результати досліджень проведені впродовж 2020-2021 рр. в умовах Правобережного Лісостепу свідчать, що в середньому за два роки урожайність зерна пшениці м'якої озимої найбільшою була при нормі висіву 5 млн/га – 5,53 т/га [47]. При збільшенні норми висіву від 3 до 4–5 млн/га значення показника істотно збільшувалося від 4,69 до 5,28–5,53 т/га, тоді як технологічні властивості зерна знижувалися: вміст білка – від 15,8 до 14,3–15,1%, вміст клейковини – від 33,9 до 30,8–32,0%, сила борошна – від 334 до 314–321 од. а. Подальше збільшення норми висіву до 8 млн/га спричиняло зниження рівня урожайності до 5,30 т/га. Якість зерна при цьому також ставала гіршою.

В інших дослідженнях, де вивчалися норми висіву та строки сівби встановлено, що максимальні показники урожайності зерна – 9,39–9,88 т/га були при сівбі 10 вересня за норми висіву 3 млн/га [48]. Із збільшенням норми висіву насіння відбувалося істотне зменшення маси 1000 зерен у 2023 р. – з 41,7 до 33,7 г та у 2024 р. – з 40,7 до 32,7 г.

Про те, що норма висіву є одним з основних дієвих елементів в технології вирощування пшениці озимої зазначають О.О. Вінюков, О.Б. Лапко, О.Б. Бондарева [49]. В дослідженнях проведених в умовах Північного Степу України впродовж 2021–2024 років встановлено, що найбільша урожайність пшениці озимої у сорту Вежа різновиду *Lutescens* була за норми висіву 4,5 млн шт./га – 6,2 т/га, у сорту Юзовська різновиду *Erythrospermum* за норми 3,5 млн шт./га – 6,9 т/га.

Ряд вчених вважають, що норма висіву пшениці озимої може змінюватися залежно від застосування інших елементів агротехнології – попередника, удобрення, зрошення і т.д. [50, 51]

На формування урожайності та якості зерна пшениці озимої по-різному впливає збільшення норми висіву [52]. Так, у дослідженні проведеному впродовж 2015-2017 рр., де вивчали такі норми: 80, 100, 120, 140, 160 та 180 кг/га встановлено, що при збільшенні норми висіву від 80 до 140 кг/га насіння рівень

урожайності пшениці м'якої озимої зростав від 4,31 до 4,99 т/га. При нормі висіву 180 кг/га значення показника зменшувалося до 3,84 т/га. Щодо якості зерна, то вона погіршувалася за такої схеми агротехнології. Так, при збільшенні норми висіву від 80 до 180 кг/га вміст білка знижувався від 14,0 до 11,6%, а вміст клейковини – від 34,5 до 29,7%.

Збільшення норми висіву насіння не завжди призводить до погіршення якості зерна пшениці озимої [53]. Так, у дослідженні за умови збільшення норми від 500 до 650 нас. шт./м² маса 1000 зерен та вміст клейковини зростали. Застосування більшої норми висіву сприяло підвищенню маси 1000 зерен на 2%, а вмісту клейковини – на 7%. В результаті встановлено, що оптимальною є норма висіву 650 шт./м². Поряд з цим науковці зазначають, що під впливом норм висіву зміни відбувалися за рахунок погодних умов року, а також властивостей сорту пшениці озимої.

В іншому дослідженні, де вивчали різні сорти пшениці м'якої озимої та норми висіву виявлено, що норма висіву змінювалась залежно від сорту пшениці озимої [54]. Так, при вирощуванні пшениці озимої у сорту CW134 найвища урожайність зерна 4,20 т/га була при нормі висіву 180 нас./м². У сорту CH58 найвищі значення показника отримано при нормі висіву 225 нас./м², а сорту CH1 – 280 нас./м².

Підбір норми висіву залежить від характеристики поля, складу ґрунту, можливостей посівної техніки, запланованої урожайності та розуміння взаємодії з навколишнім середовищем [55]. Ряд вчених вважають, що занадто низька норма висіву може призвести до зниження урожайності зерна, а занадто висока – до збільшення загальної вартість виробництва [56, 57].

Норма висіву є надзвичайно важливим технологічним контрольованим фактором при вирощуванні пшениці, оскільки нею можна управляти. Вона впливає на урожайність зерна та виражається як лінійна та квадратична залежність [58].

Зарубіжні науковці T. Ayalew, B. Abebe, T. Yoseph дослідили, що при збільшенні норми висіву відбувалося зменшення кількості стебел пшениці [59]. Вони вважають, що в загущених посівах збільшується конкуренція за площу

живлення і це, як правило призводить до формування меншої кількості стебел на рослину. Також автори зазначають, що норми висіву впливають на висоту рослин: чим більша норма висіву, тим вищі значення висоти рослин, і навпаки. В загущених посівах висота збільшується через зменшення площі живлення для росту рослин та посилення їх конкуренції за світло. Зменшення продуктивності пшениці із збільшенням норми висіву насіння вони пояснюють тим, що при більшій густоті стояння рослини конкурують між собою, що призводить до зниження рівня урожайності [59].

J. Iqbal та інші встановили, що значення таких показників, як висота рослини, довжина колоса, кількість колосків в колосі, кількість зерен в колосі, маса 1000 зерен та урожайність зерна були максимальними при нормі висіву 150 кг/га та мінімальними при нормі висіву 125 кг/га, тоді як кількість пагонів була максимальною при нормі висіву 175 кг/га та мінімальною при нормі висіву 125 кг/га [60].

G.H. Mehring та інші встановили, що із збільшенням норми висіву урожайність зерна різко підвищується до оптимальної норми висіву, а потім повільно знижується [61].

Рівень урожайності пшениці озимої визначається елементами структури врожаю, які змінюються протягом вегетації рослин під впливом ґрунтово-кліматичних умов та технології вирощування. Максимально відображають вплив умов вирощування на ріст і розвиток рослин структурні елементи врожаю [62]. В умовах Правобережного Лісостепу встановлено, що із збільшенням норми висіву насіння з 4,2 до 5,0 млн шт./га кількість продуктивних стебел істотно зростала на 71 шт./м². Тоді як, значення показників довжини колоса, кількості зерен у колосі та маси 1000 насінин були суттєво більшими при меншій нормі 4,2 млн шт./га. Максимальну врожайність отримано за норми висіву 5,0 млн шт./га, що свідчить про те, що продуктивність пшениці озимої збільшується з підвищенням норми висіву.

Shou-Chen Ma та інші на основі проведених дворічних експериментів встановили, що строки сівби та норми висіву мали суттєвий вплив на морфологічні

та фізіологічні характеристики озимої пшениці [63]. При пізніх строках сівби істотно зменшувалася висота рослин, площа листя та біомаса коренів пшениці озимої. Із збільшенням норми висіву показники висоти рослин, біомаси коренів підвищувалися, а площа листкової поверхні зменшувалася.

Дослідження проведені впродовж 2021–2024 рр. в умовах Північного Степу України свідчать про суттєвий вплив норм висіву на розвиток рослин пшениці озимої на перших етапах розвитку [64]. При нормі висіву 1,5 млн шт./га у сортів Вежа та Юзовська рослини були найнижчими 13,4 см та 13,5 см, а при нормі висіву 6,5 млн шт./га – найвищими 14,1 см та 14,3 см, відповідно. Вплив норм висіву на вміст хлорофілу також був суттєвим, зменшуючи його кількість пропорційно збільшенню норми висіву. Найвищий рівень урожайності сорту пшениці озимої Вежа був при нормі висіву 4,5 млн шт./га – 6,2 т/га, а сорту Юзовська при нормі висіву 3,5 млн шт./га – 6,9 т/га. Найнижчий рівень урожайності становив у сорту пшениці озимої Юзовська 4,6 т/га, а у сорту Вежа – 5,1 т/га при нормі висіву 1,5 млн шт./га.

Глобальні зміни клімату, включаючи підвищення середньорічної температури, а також зменшення рівня опадів, призводять до посухи. Це створює загрозу стабільності врожайності, змушуючи виробників адаптувати норми висіву та інші агротехнічні параметри для зменшення ризиків, викликаних кліматичним стресом. Аналіз літературних джерел свідчить, що за результатами моделювання передбачається зменшення врожаїв при підвищенні температури. Це змушує аграріїв переглядати сівозміни, строки сівби, норми висіву, щоб мінімізувати вплив негативних кліматичних змін [65].

Одним із ключових аспектів сучасного рослинництва для агровиробника є не тільки вплив норми висіву на урожайність культури, але й її економічна доцільність. Від рішення щодо вибору оптимальної норми висіву залежать витрати на насіння, урожайність, собівартість продукції, а також загальний фінансовий результат господарства. Раціонально підібрана норма висіву дозволяє ефективно використовувати насінневі ресурси, скорочувати матеріальні витрати та покращувати економічну ефективність виробництва зернових культур [66].

Норму висіву часто оцінюють разом з іншими технологічними факторами, проте в наукових дослідженнях увага іноді зосереджується на її безпосередньому впливі на економічні показники. Результати польових досліджень свідчать, що правильний вибір норми висіву насіння сприяє не тільки підвищенню урожайності зерна, але й впливає на собівартість продукції і прибуток при вирощуванні пшениці [67]. Занадто високі норми висіву призводять до збільшення витрат і зниження рентабельності виробництва зерна, тоді як дотримання оптимальних норм забезпечує кращі економічні показники.

1.3. Біологічний фактор в технології вирощування пшениці озимої

Питання теоретичного обґрунтування поняття «сорт» є першочерговим в генетиці та селекції рослин. Відповідно до традиційних підходів, сорт являє собою сукупність культурних рослин, які виведені завдяки селекції, мають певні спадкові морфологічні, біологічні та господарські ознаки і властивості. Таке пояснення використовується в офіційних нормативних документах, навчально-наукових матеріалах та базується на класичних уявленнях про селекцію як процес створення нового сорту з корисними ознаками для виробництва.

У зарубіжній науковій літературі близьким поняттям сорту є термін «*cultivar*», який виник в результаті скорочення слів від «*cultivated variety*», що в перекладі означає «культивований варіант рослини». В найбільшій британській енциклопедії *Britannica*, «*cultivar*» означає «будь-який сорт рослини, що походить від клонування або гібридизацію, і відомий лише у культурі», тобто це рослина або група рослин з певними корисними властивостями, і що їх існування підтримується завдяки розмноженню людиною [68]. Подібне словникове тлумачення слова «*cultivar*» – сорт, або різновид рослини, створений або відібраний цілеспрямовано та підтримуваний шляхом культивування, тобто вирощування [69].

За кордоном сорт набуває більш формального вигляду через міжнародні стандарти. За визначенням UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants – Міжнародний союз з охорони нових сортів рослин) сорт повинен бути відмінним, однорідним і стабільним. Це означає, що сорт

характеризується чіткими визначеними ознаками, які його відрізняють від інших сортів, а також ці ознаки зберігаються при багаторазовому його вирощуванні [70]. Така концепція впроваджена в правову та наукову практику селекції та захист прав на нові сорти рослин в багатьох країнах світу.

Таким чином, як вітчизняні, так і закордонні джерела розглядають сорт, як результат селекційної діяльності.

Урожайність зернових культур, в тому числі й пшениці озимої, є інтегрованою ознакою, яка формується впродовж всього вегетаційного періоду рослин під впливом сукупності біологічних та екологічних факторів. До біологічних факторів відносять генетичний потенціал сорту, фізіологічно-морфологічні властивості рослин, а також їх пристосованість до умов навколишнього середовища. Взаємодія генотипу та середовища визначає реалізацію врожайності, що підтверджується науковими публікаціями [71].

Генетичні особливості сорту являються основою для його потенційної врожайності. Сам генотип визначає продуктивні можливості рослини через її морфолого-фізіологічні властивості, до яких відноситься здатність до кущіння, формування колоса і зернівки, тривалість вегетаційного періоду, а також адаптивність до змін зовнішніх умов. Закордонні науковці зазначають, що взаємодія генотипу з середовищем ($G \times C$) суттєво впливає на формування врожаю навіть при сприятливих агротехнічних умовах. Це свідчить про вагомий роль біологічних обмежень генетичного потенціалу у визначенні фактичних показників врожайності. [71].

У вітчизняних дослідженнях також звертається увага на значення сортових властивостей та їх взаємодії з середовищем [72]. Оцінка впливу сортового генотипу та агроекологічних факторів на урожайність пшениці озимої показала, що як погодні умови, так і генетична реакція сортів мають суттєвий вплив на показники продуктивності, які змінюються залежно від регіону вирощування та року проведення дослідів. Аналогічні закономірності встановлені також і при аналізі впливу зовнішніх умов на якісні та кількісні показники зерна пшениці озимої [73].

Морфологічні ознаки, зокрема висота рослин, довжина міжвузлів, кількість

продуктивних пагонів, пов'язані з генетично визначеною реакцією на різноманітні умови вирощування. І саме вони відіграють важливу роль у досягненні потенційного врожаю, так як відображають адаптивність розвитку рослин та їх здатність пристосовуватися до змін довкілля та агротехнології вирощування [74].

В підвищенні урожайності пшениці важливу роль відіграють сортові рослинні ресурси, цінність яких при формуванні високопродуктивних посівів у різних природних умовах вирощування обґрунтована значною кількістю наукових досліджень [75, 76, 77]. В умовах кліматичних змін при вирощуванні пшениці озимої надається перевага сортам, які характеризуються найкращою адаптивністю та пластичністю і здатні формувати стабільно високий врожай [78, 79]. Саме тому основною складовою реалізації генетичного потенціалу є підбір сортів з врахуванням їх біологічних властивостей [80].

При створенні сучасних сортів зернових культур, в тому числі й пшениці озимої, ключову роль відіграє ретельно вивчений та різноманітний вихідний матеріал, який є основою для успішної селекційної роботи. В процесі селекції слід цілеспрямовано підбирати перспективні батьківські форми, проводити детальний аналіз їх біологічних властивостей і особливостей формування важливих кількісних ознак продуктивності [81, 82].

Рівень урожайності сорту визначається сукупністю ознак і властивостей [83]. У процесі онтогенезу пшениці ключову роль відіграють процеси росту та розвитку рослин, які є основою для формування зерна і врожаю в цілому [84]. Кількість зерен залежить як від генетичного потенціалу продуктивності колосу, так і від реакції генотипу на умови зовнішнього середовища під час формування колосу, колосків, квіток, а також у період цвітіння та запліднення. Серед важливих елементів структури врожаю слід виокремити масу зерна, яка як генетично детермінована ознака теж значною мірою залежить від впливу чинників навколишнього середовища, через що є досить мінливою.

Однією з вимог, що традиційно постає перед селекціонером, є створення високопродуктивних сортів пшениці м'якої *Triticum aestivum* L. з високою якістю зерна, здатних реалізовувати генетичний потенціал продуктивності в різних

агрокліматичних умовах й давати сталі врожаї [85]. Наразі набуває актуальності створення сортів інтенсивного типу з урожайністю понад 10,0 т/га [86, 87].

Висновки до розділу 1

1. Науково обґрунтовані норми мінеральних добрив під пшеницю озиму повинні бути адаптовані до умов конкретного господарства, ґрунту та попередників, а також поєднуватися з іншими агротехнічними прийомами. Рациональне внесення NPK не тільки підвищує врожайність, але й покращує ефективність використання вологи, структуру ґрунту та якість зерна.

2. Оптимальна норма висіву виступає важливим чинником, що визначає рівень продуктивності культур. Вітчизняні й міжнародні дослідження підтверджують, що її корегування відповідно до біологічних властивостей культури, ґрунтово-кліматичних умов та агротехнічної практики є необхідною умовою підвищення врожайності та стабільності виробництва.

3. Як вітчизняні, так і міжнародні джерела розглядають сорт не тільки як агрономічну одиницю, але й як науково визначену форму, що є результатом селекційної діяльності.

Опубліковані праці за розділом 1

1. Свинар М.М., Смук А.І., Гура Д.В. Господарське значення пшениці. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали VI Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 28 квітня 2023 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. С. 159-160.

2. Свинар М.М., Корнієнко Д., Климишена Р.І. Науково-теоретичне обґрунтування застосування добрив при вирощуванні пшениці озимої. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали VII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 25 квітня 2024 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2024. С. 117-119.

3. Свинар М., Черновол І., Пипа Б., Климишена Р. Ботанічно-морфологічні особливості пшениці озимої. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали VIII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 25 квітня 2025 р. Кам'янець-Подільський, 2025. С. 144-146.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтові умови в роки проведення досліджень

Дослідження виконувалися впродовж 2022–2025 років в умовах фермерського господарства «Самосил» Чортківського району Тернопільської області (згідно укладеного договору про співпрацю з кафедрою рослинництва, селекції та насінництва Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»). Цей регіон за рівнем теплозабезпеченості та зволоженості протягом вегетаційного періоду належить до теплого агрокліматичного району.

Ґрунтовий покрив Чортківського району Тернопільської області складається переважно з опідзолених чорноземів, які сформувалися на основі лесових відкладів. Такі ґрунти відзначаються високим рівнем природної родючості, а також сприятливими агрофізичними та агрохімічними властивостями, що робить їх надзвичайно придатними для використання в сільському господарстві.

Дослідне поле ФГ «Самосил», яке розташоване в межах Правобережного Лісостепу характеризується рівнинним рельєфом із невеликим нахилом. Така місцевість сприяє відносно однорідним умовам зволоження та практично унеможливорює прояв значних ерозійних процесів. Ґрунт дослідних ділянок представлений опідзоленим чорноземом середньосуглинкового складу з низьким вмістом гумусу, який сформувався на лесовидних суглинках. За своїм гранулометричним складом він належить до середньосуглинкових ґрунтів, що забезпечує збалансоване поєднання водоутримуючих властивостей і повітропроникності.

В роки проведення досліджень агрохімічні показники орного шару ґрунту (0–30 см) характеризувалися такими значеннями: реакція ґрунтового розчину (рН сольової витяжки) знаходилася в межах від 6,6 до 7,0, що відповідає нейтральній або слабокислій реакції середовища. Для більшості сільськогосподарських культур такий рівень кислотності є оптимальним і відповідно сприяє кращій доступності поживних речовин для рослин [88].

Серед великої кількості показників за якими оцінюють ґрунтовий покрив найважливішим є вміст органічної речовини – гумусу. Її кількість та якості безпосередньо впливають на фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту, а також регулюють рівень вологозабезпечення і забезпечують рослини необхідним мінеральним живленням [89, 90].

Вміст гумусу у ґрунті в роки проведення досліджень відповідав рівню малогумусних чорноземів і становив 3,6–4,3% (табл. 2.1). За даними наукових досліджень у чорноземах Лісостепу залежно від системи удобрення та обробітку ґрунту вміст гумусу зазвичай знаходиться в межах від 3,6 до 4,1% [91]. Такий рівень вмісту гумусу, як правило, забезпечує достатню ємність поглинання, а також сприяє формуванню стабільної структури ґрунту та підтриманню його родючості. В.В. Медведєв та М.В. Лісовий зазначають, що вміст гумусу в чорноземах Лісостепу, як правило, складає 3,5%, при оптимальному його значенні 4,3%. Для чорнозему звичайного еталонним рівнем є значення 4,5% [91, 92].

Таблиця 2.1

Агрохімічна оцінка ґрунту дослідних ділянок

Агрохімічні показники родючості ґрунту		Рік		
		2022-2023	2023-2024	2024-2025
Кислотність, мг-екв/100 г	Нг	0,60	0,64	0,57
	pH	7,0	6,6	6,7
Сума поглинутих основ, мг-екв/100г		32,8	32,0	34,0
Гумус, %		4,3	3,6	3,9
Забезпеченість елементами живлення, мг/кг	N	127	115	120
	P ₂ O ₅	140	129	136
	K ₂ O	134	122	128

Забезпеченість ґрунту основними елементами живлення характеризувалася середнім та підвищеним рівнем. Вміст легкогідролізованого азоту становив 115–127 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чириковим) – 129–140 мг/кг, обмінного калію – 122–134 мг/кг. Такі показники характерні для чорноземів і вказують на

належний рівень забезпечення рослин поживними елементами, зокрема фосфором. Водночас азот залишається більш змінним елементом, що залежить від умов мінералізації органічної речовини. Ефективне використання поживних речовин в основному залежить від агротехнологічних прийомів.

Ґрунти дослідного поля відзначаються сприятливими фізико-хімічними властивостями. Вони характеризуються добре розвинутою грудкувато-зернистою структурою, високою водостійкістю агрегатів і оптимальною щільністю укладання. Такі особливості забезпечують належний водно-повітряний режим, який є ключовим фактором для формування врожайності сільськогосподарських культур, в тому числі й пшениці озимої. Поряд з цим слід зазначити, що тривале інтенсивне використання ґрунтів може спричиняти, як до погіршення їх структурного стану, так і до зменшення вмісту гумусу, що вимагає впровадження ґрунтозахисних технологій [93].

У цілому ґрунтові умови в роки проведення досліджень у ФГ «Самосил» можна оцінити як сприятливі для вирощування пшениці озимої. Поєднання нейтральної реакції ґрунтового розчину, достатнього вмісту гумусу та оптимальної забезпеченості елементами живлення створює передумови для отримання стабільно високих урожаїв. Водночас підтримання родючості ґрунту на належному рівні потребує систематичного внесення мінеральних добрив, а також впровадження науково обґрунтованих сівозмін і заходів раціонального обробітку ґрунту.

2.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) займає значну частку в структурі посівних площ, а також є основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів. Ця культура характеризується високою продуктивністю, яка в значній мірі залежить від метеорологічних умов вирощування [94].

Формування врожайності пшениці озимої переважно залежить від температурного режиму, кількості опадів, умов зимового періоду, вологості ґрунту та інших агрокліматичних факторів. Основними серед них є забезпеченість теплом

та вологою, які безпосередньо впливають на інтенсивність росту, розвиток і продуктивність рослин [95]. Відхилення цих показників від оптимальних норм може суттєво зменшити потенціал врожайності.

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є холодостійкою культурою, вона може витримувати низькі температури взимку. Процес проростання насіння розпочинається вже при температурі 1–2°C, проте для дружних і рівномірних сходів найбільш оптимальними є температури в межах 12–20°C [96]. Найкраще сіяти пшеницю, коли середньодобова температура повітря становить 14–17°C, оскільки саме такі умови сприяють формуванню сильних рослин перед зимовим періодом [97].

Важливим фактором, який впливає на розвиток рослин пшениці озимої, є рівень вологозабезпечення. Ця культура надзвичайно вимоглива до вологи, особливо в ключові періоди органогенезу, зокрема під час виходу в трубку, колосіння та наливу зерна. Недостатня кількість опадів саме в ці фази розвитку може суттєво знизити врожайність, тоді як надмірне зволоження здатне уповільнити розвиток кореневої системи та збільшити ризик ураження рослин хворобами [96].

Кліматичні умови Чортківського району Тернопільської області відзначаються помірно-континентальним кліматом, який забезпечує достатню кількість опадів і сприятливий температурний режим для вирощування пшениці озимої. Однак сучасні зміни клімату, що включають підвищення температури, нерівномірний розподіл опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ, суттєво впливають на агрометеорологічні умови вирощування цієї культури [94].

У зв'язку з цим аналіз метеорологічних умов вирощування пшениці озимої в умовах фермерського господарства «Самосил» Чортківського району Тернопільської області дасть можливість встановити їх вплив на ріст, розвиток і формування врожайності культури, а також обґрунтувати ефективні агротехнічні заходи для підвищення продуктивності посівів.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду пшениці озимої у 2022–2025 рр.

характеризувалися значною мінливістю температурного режиму та нерівномірним розподілом атмосферних опадів, що зумовило специфіку росту, розвитку і формування продуктивності культури.

Період сівби у 2022-2024 роках відзначався відносно сприятливими температурними умовами. Середньодобова температура повітря в першій декаді жовтня відповідала оптимальним умовам для сівби, проростання насіння та формування сходів пшениці озимої. Так, у 2022 році вона становила 11,3°C, у 2023 р. – 10,7°C та у 2024 р. – 11,8°C. У другій декаді місяця спостерігалось поступове зниження температури, але незважаючи на це умови були сприятливі для інтенсивного кушення та загартування рослин перед зимівлею. Кількість опадів в жовтні місяці у 2023 році була достатньою і відповідала середньобагаторічним значенням, тоді як у 2022 та 2024 рр. їх кількість була дещо нижчою, однак волога в ґрунті залишалася достатньою для забезпечення дружніх сходів і початку кушення.

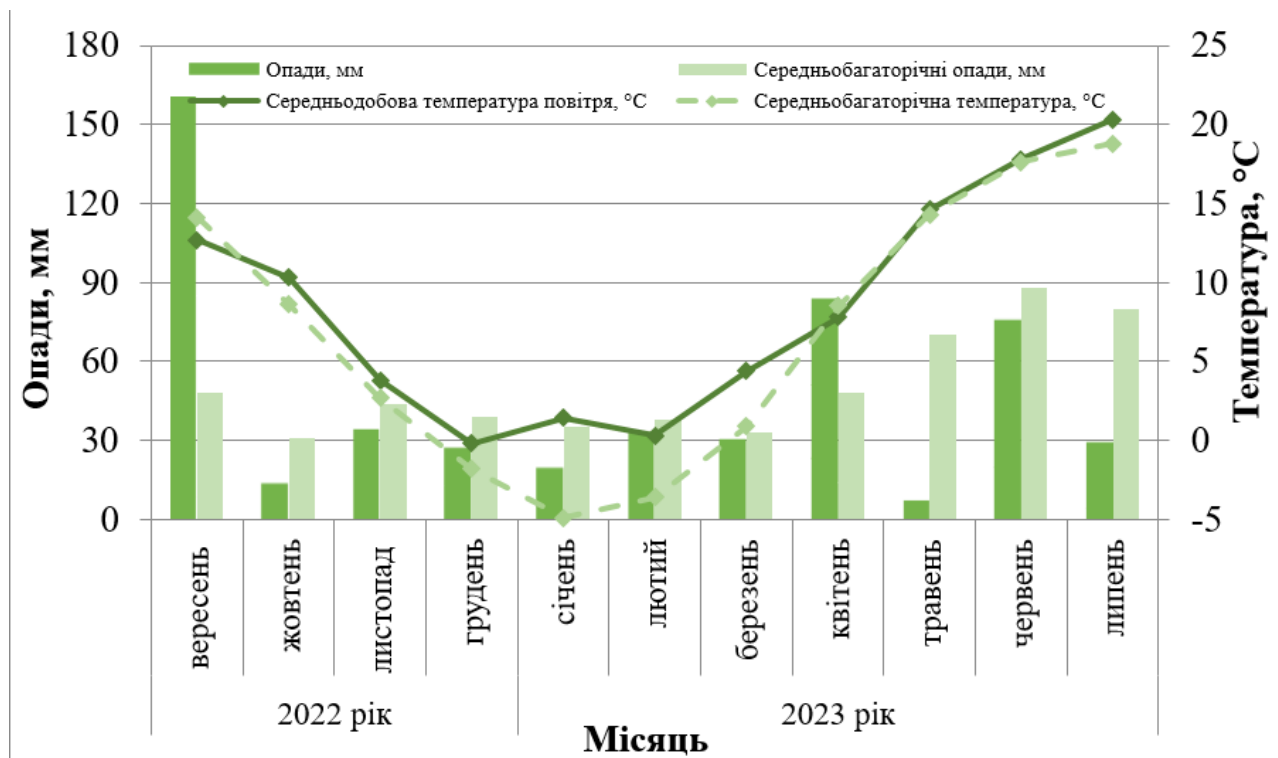


Рис. 2.1. Температура повітря та кількість опадів у 2022-2023 роках

У листопаді порівняно з жовтнем відбувається зниження температури повітря характерне для цього місяця, настає зимовий режим погоди. Зазвичай у

цьому місяці спостерігається стійке зниження середньодобової температури нижче 0°C. Це відповідно викликає уповільнення росту та розвитку рослин озимих культур, зокрема й пшениці, внаслідок чого осіння вегетація завершується. Під час проведення досліджень найтеплішою виявилася перша декада листопада у 2022 та 2023 роках. Середньодобова температура становила в цей період 8,4°C та 8,8°C, що більше від середньої багаторічної на 3,5°C та 3,9°C, відповідно. У 2024 році середньодобова температура повітря була дещо нижчою за середню багаторічну на 1,2 °C і становила 3,7°C. Значення середньодобової температури повітря другої декади місяця у 2022 та 2023 роках також були вищими за середню багаторічну на 0,8°C та 0,9°C, тоді як у 2024 році вона виявилася нижчою на 0,8°C. Але незважаючи на це умови були сприятливими для рослин пшениці озимої перед входженням у перезимівлю. Третя декада листопада у всі роки досліджень характеризувалася нижчими значеннями середньодобової температури повітря порівняно з середньо багаторічними даними. Кількість опадів у 2022 та 2023 роках була близькою до норми і становила відповідно 34,8 мм та 40,7 мм, лише у 2024 році їх випало вдвічі менше – 21,9 мм.

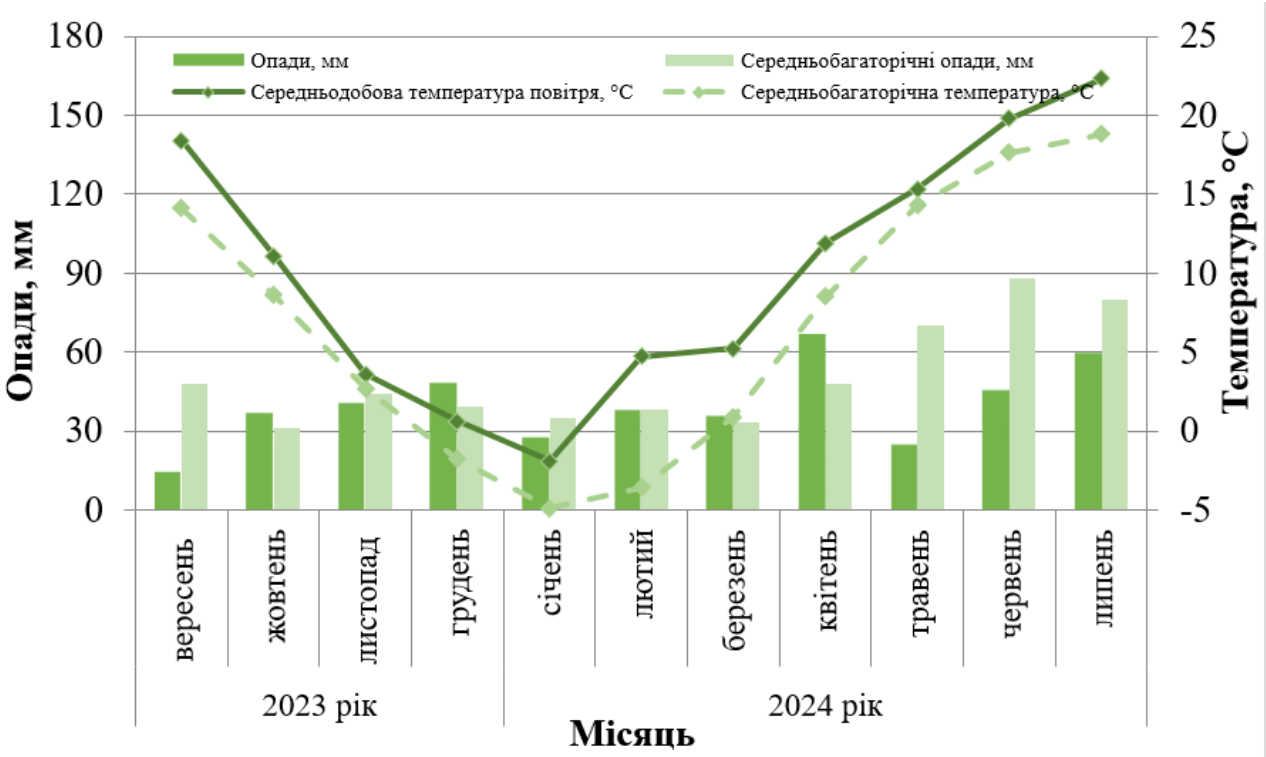


Рис. 2.2. Температура повітря та кількість опадів у 2023-2024 роках

Зимовий період з грудня 2022 року по лютий 2025 року характеризувався відносно м'якими температурними умовами з періодичними короткочасними похолоданнями. Середньодобова температура повітря першого зимового місяця виявилася дещо вищою за середню багаторічну і становила у 2022 році $-0,2^{\circ}\text{C}$, у 2023 році $0,6^{\circ}\text{C}$ та у 2024 році $0,2^{\circ}\text{C}$. У січні показники температури повітря у роки досліджень також виявилися вищими за багаторічні дані. Місяць лютий у 2023 та 2024 роках був теплішим. Середньодобова температура повітря становила $0,3^{\circ}\text{C}$ та $4,7^{\circ}\text{C}$ відповідно. Тоді як у 2025 році показники були нижчими і становили $-3,1^{\circ}\text{C}$. Загалом погодні умови зимового періоду у роки досліджень були сприятливими для перезимівлі рослин пшениці озимої. Відсутність тривалих сильних морозів (нижче $-15\ldots-20^{\circ}\text{C}$) і наявність снігового покриву в окремі періоди сприяли збереженню рослин. Водночас м'яка зима та відсутність критичних морозів сприяли добрій перезимівлі пшениці озимої, що є важливою передумовою отримання стабільного врожаю.

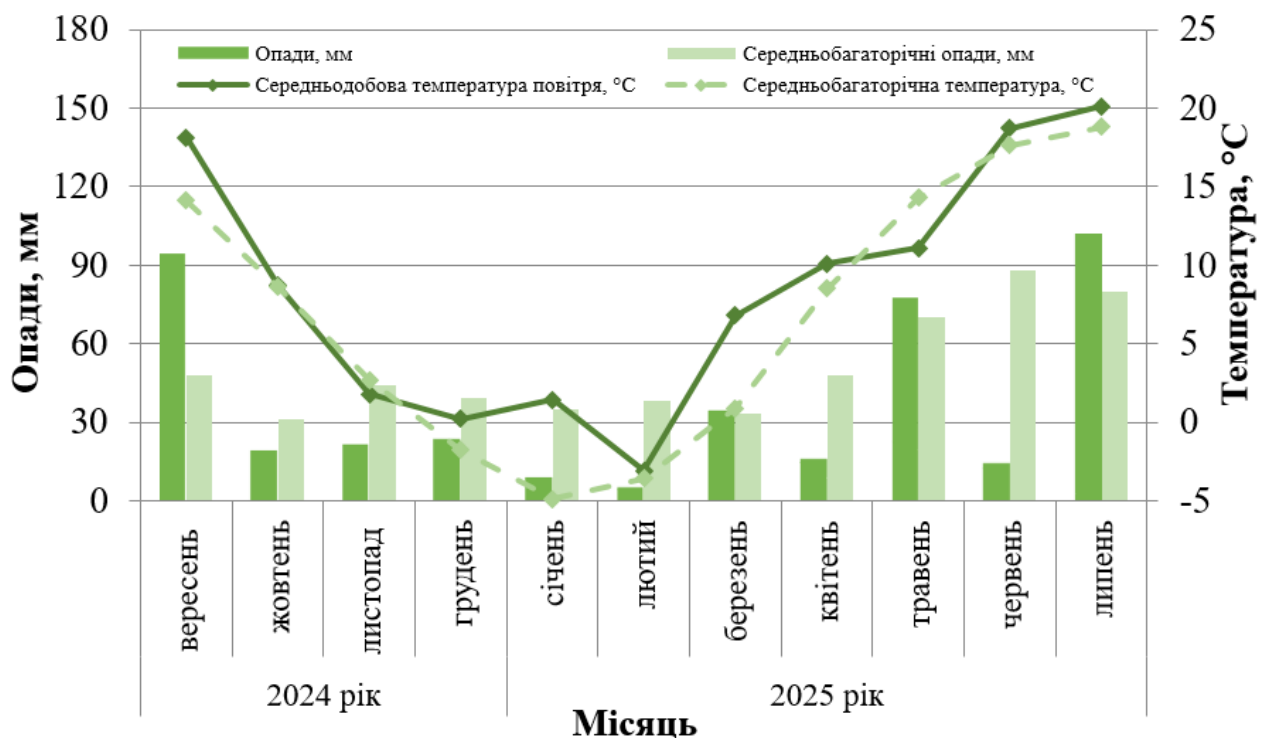


Рис. 2.3. Температура повітря та кількість опадів у 2024-2025 роках

Весняний період відзначався поступовим підвищенням температури повітря. Найтеплішим виявився 2025 рік, у якому відновлення вегетації рослин пшениці

озимої відбулося вже 11 березня. Дещо нижчі показники середньодобової температури повітря були у 2023 та 2024 роках, внаслідок чого відновлення ростових процесів наставало пізніше – 24 та 26 березня, відповідно. Кількість опадів у цьому місяці була близькою до норми у 2023 році – 30,6 мм, у 2024 році – 35,8 мм та у 2025 році – 34,7 мм.

Квітень в роки проведення досліджень за середньодобовою температурою повітря характеризувався вищими показниками порівняно до багаторічних. Так, у 2023 році значення температури становили 7,8°C, у 2024 році – 11,9°C, у 2025 році – 10,1°C при нормі 8,5°C. Температурний режим місяця був достатньо стабільним, що забезпечило інтенсивний розвиток рослин. Найбільше опадів випало у 2023 та 2024 роках – 84,1 мм та 66,9 мм, відповідно, що більше за норму 48 мм. Це позитивно вплинуло на формування вегетативної маси рослин. Менша їх кількість була у 2025 році – 16,2 мм.

У травні спостерігалось підвищення температури, що відповідало оптимальним умовам для проходження фаз виходу в трубку та колосіння. Так, у 2023 та 2024 роках середньодобова температура відповідала середньо багаторічній нормі і становила відповідно 14,6 мм та 15,3 мм. У 2025 році цей місяць характеризувався дещо нижчим температурним режимом, що зумовило подовження фази виходу в трубку. Вологозабезпеченість у травні відповідала нормі, яка становить 70 мм, лише у 2025 році – 77,7 мм. Менша кількість опадів випала у 2024 році – 25,1 мм і лише 7,9 мм – у 2023 році.

Червень місяць, який охоплює фази цвітіння, наливу та досягання зерна, характеризувався підвищеним температурним режимом та періодичними посушливими умовами. Середньодобова температура у 2023, 2024 та 2025 роках становила 17,8°C, 19,8°C та 18,7°C при середньо багаторічній нормі 17,6°C, що загалом відповідає біологічним вимогам культури. Кількість опадів найбільше випало у 2023 році – 76,2 мм, що забезпечувало сприятливі умови для формування врожаю. Меншою була вологозабезпеченість у 2024 році – 45,7 мм і у 2023 році – лише 14,8 мм, що призводило до формування дефіциту ґрунтової вологи у критичні періоди розвитку культури.

В цілому метеорологічні умови вегетаційного періоду 2022–2025 років були відносно сприятливими для вирощування пшениці озимої, однак із певними стресовими факторами.

2.3. Методика проведення досліджень

Польові дослід за темою дисертаційної роботи закладалися відповідно до загальноприйнятих методик наукової агрономії [98].

У межах дисертаційного дослідження було закладено два польових дослід.

Дослід 1. Оцінка технологічних факторів при вирощуванні озимої пшениці ранньостиглого сорту Бодицек. Завдання досліду – встановити вплив мінеральних добрив та норм висіву насіння на формування агрофітоценозу, рівень урожайності та якість зерна озимої пшениці. Схема досліду (табл. 2.2): фактор А – норми застосування мінеральних добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль – без удобрення), $N_{45}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{75}P_{60}K_{60}$; фактор В – норми висіву насіння: 300, 350, 400 та 450 шт./м². Параметри досліду: $l_a = 4$, $l_s = 4$, $n = 4$, облікова площа дослідної ділянки – 25 м². Розміщення дослідних ділянок: повторень – чотирирядне, варіантів норм застосування мінеральних добрив – систематичне, варіантів норм висіву насіння – систематичне. Спосіб сівби – звичайний рядковий, ширина міжрядь 15 см.

Дослід 2. Оцінка технологічних факторів при вирощуванні озимої пшениці середньопізнього сорту Реформ. Завдання досліду – встановити вплив мінеральних добрив та норм висіву насіння на формування агрофітоценозу, рівень урожайності та якість зерна озимої пшениці. Схема досліду (табл. 2.2): фактор А – норми застосування мінеральних добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль – без удобрення), $N_{45}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{75}P_{60}K_{60}$; фактор В – норми висіву насіння: 300, 350, 400 та 450 шт./м². Параметри досліду: $l_a = 4$, $l_s = 4$, $n = 4$, облікова площа дослідної ділянки – 25 м². Розміщення дослідних ділянок: повторень – чотирирядне, варіантів норм застосування мінеральних добрив – систематичне, варіантів норм висіву насіння – систематичне. Спосіб сівби – звичайний рядковий, ширина міжрядь 15 см.

Схема для дослідів 1 та 2

Фактор А – норми внесення мінеральних добрив	Фактор В – норми висіву насіння	Шифр варіанту
N ₀ P ₀ K ₀ – без добрив (A ₀)	300 нас./м ² (B ₀)	A ₀ B ₀
	350 нас./м ² (B ₁)	A ₀ B ₁
	400 нас./м ² (B ₂)	A ₀ B ₂
	450 нас./м ² (B ₃)	A ₀ B ₃
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀ (A ₁)	300 нас./м ² (B ₀)	A ₁ B ₀
	350 нас./м ² (B ₁)	A ₁ B ₁
	400 нас./м ² (B ₂)	A ₁ B ₂
	450 нас./м ² (B ₃)	A ₁ B ₃
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ (A ₂)	300 нас./м ² (B ₀)	A ₂ B ₀
	350 нас./м ² (B ₁)	A ₂ B ₁
	400 нас./м ² (B ₂)	A ₂ B ₂
	450 нас./м ² (B ₃)	A ₂ B ₃
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀ (A ₃)	300 нас./м ² (B ₀)	A ₃ B ₀
	350 нас./м ² (B ₁)	A ₃ B ₁
	400 нас./м ² (B ₂)	A ₃ B ₂
	450 нас./м ² (B ₃)	A ₃ B ₃

Характеристика сортів

Озима пшениця **РЖТ Бодицек** від відомого чеського оригінатора RAGT – це високоврожайний безостий сорт (різновидність лютесценс), який поєднує в собі ультраранні терміни дозрівання, відмінну якість зерна та високу стійкість до стресових факторів довкілля. Рік державної реєстрації – 2015 рік [99].

Головна перевага – рекордна скоростиглість. РЖТ Бодицек належить до ранньостиглої групи з вегетаційним періодом усього 261–280 діб. Такий ультраранній розвиток робить сорт стратегічно важливим для багатьох господарств. Ідеальний попередник: пшениця надзвичайно рано звільняє поле, забезпечуючи оптимальне вікно для вчасної сівби озимого ріпаку. Оптимізація

жнив: надраннє дозрівання дозволяє суттєво знизити пікове навантаження на зернозбиральну техніку та персонал на початку збиральної кампанії.

Сорт демонструє стабільні результати у різних умовах вирощування. За середньої врожайності на рівні 4,5–6,0 т/га, генетичний потенціал цієї пшениці вражає і здатний сягати 10,0–11,0 т/га.

Висота рослин становить 73–82 см. Маса 1000 зерен – 42–45 г.

РЖТ Бодицек формує високоякісне зерно, яке високо цінується. Культура класифікується як цінна пшениця (клас А) завдяки відмінним лабораторним показникам: вміст білка – 13,1–13,8%, вміст клейковини – 27,1–27,9%.

Сорт адаптований до вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, демонструючи особливу ефективність у регіонах Полісся та Лісостепу. Він має високий рівень адаптивності до кліматичних викликів та патогенів: морозо- та зимостійкість на найвищому рівні (9 балів). Посухостійкість висока (оцінюється в 7,3–8,7 балів), що дозволяє витримувати тривалі періоди без дощів. Сорт має максимальний захист від борошнистої роси (9 балів), а також високу резистентність до фузаріозу та бурої іржі.

Технологічна особливість: через інтенсивний налив та середню стійкість до вилягання, у технології вирощування РЖТ Бодицек обов'язковим є застосування регуляторів росту (ретардантів).

Озима пшениця **РЖТ Реформ** – це безостий сорт інтенсивного типу від провідного французького селекціонера RAGT Semences. Популярність цієї культури зумовлена унікальним балансом трьох ключових чинників: максимальної продуктивності, відмінної зимостійкості та бездоганих хлібопекарських властивостей зерна. Рік державної реєстрації – 2017 рік [99].

РЖТ Реформ (різновидність лютесценс) належить до середньопізньої групи стиглості з вегетаційним періодом 263–277 діб.

Головними перевагами сорту є стійкість до вилягання. Завдяки міцному та компактному стеблу заввишки всього 69–78 см, посіви не потребують надмірного захисту регуляторами росту і чудово витримують негоду. Сорт формує вирівняне, крупне зерно з масою 1000 насінин на рівні 40–49 г.

Реформ – це м'яка озима пшениця створена для інтенсивних технологій вирощування. За належного догляду генетичний потенціал врожайності вражає і здатний сягати 10,5–13,0 т/га.

Найкращі результати сорт демонструє у регіонах із достатнім рівнем зволоження, тому він є ідеальним вибором для господарств Лісостепу та Полісся.

Зерно РЖТ Реформ високо цінується на внутрішньому та експортному ринках завдяки належності до класу сильної та цінної пшениці (група «А»): вміст білка – 13,5–14,2%, вміст клейковини – 28,0–31,0%, сила борошна – 320–350 одиниць (що гарантує відмінні хлібопекарські властивості).

Сорт демонструє високу життєздатність у несприятливих погодних умовах та має потужний природний імунітет: зимостійкість оцінюється на найвищому рівні – 8–9 балів, посухостійкість стабільна середня (близько 7–8 балів), висока толерантність до комплексу поширених захворювань, з особливим акцентом на стійкість до борошнистої роси та різних видів іржі.

Попередник – ріпак озимий. У кінці вересня – на початку жовтня за допомогою сівалки зернової навісної PONY-3000 було здійснено сівбу озимої пшениці.

Система удобрення досліджу включала передпосівне внесення фосфорно-калійних добрив (амофос і хлористий калій із вмістом діючої речовини N-12%, P₂O₅-52% та K₂O-60% відповідно), а також 50% азоту (аміачна селітра із вмістом діючої речовини N-34,5%). Іншу частину азотних добрив вносили у ранньовесняний період за настання польової стиглості ґрунту.

Рівень урожайності озимої пшениці визначили у фазу повної стиглості на основі обліку з 50 пробних ділянок площею 1 м² кожна. Збирання проводили комбайном Claas mega 350.

У процесі досліджень здійснювали такі аналізи, спостереження та обліки:

1) Для встановлення особливостей росту й розвитку озимої пшениці візуальним методом здійснювали фенологічні спостереження із фіксацією таких фаз: сходи, кущення, припинення осінньої вегетації, відновлення весняної вегетації, вихід у трубку, колосіння та повна стиглість [98, 100]. Початком кожної

фенофази вважали появу відповідних ознак у 15% рослин, тоді як настання повної фази реєстрували за умови їх наявності у 75% посіву.

2) Густоту стояння рослин обліковували протягом вегетації на попередньо закріплених ділянках, які маркували кілочками після появи сходів. На основі цих даних у фазі повних сходів розраховували польову схожість насіння, восени та навесні – відсоток перезимівлі, а перед збиранням урожаю – загальний рівень виживання рослин.

3) Структурні елементи врожаю оцінювали за результатами біометричного аналізу пробних снопів, які відбирали перед збиранням урожаю з кожного варіанта досліду (щонайменше 33 рослини на пробу). У ході аналізу визначали такі ознаки: густоту продуктивного стеблостою, озерненість колоса та масу зернівки.

4) Асиміляційну площу листового апарату визначали методом висічок (дисків) у фазу вихід у трубку за формулою [100]:

$$\Pi = \frac{M \times n \times K}{m}$$

де Π – сумарна площа листових пластинок у пробі, см^2 ; M – загальна маса листків у пробі, г; n – площа однієї висічки, см^2 ; K – загальна кількість взятих висічок, шт.; m – сира маса висічок, г.

5) Маса сухої речовини визначали термогравіметричним методом [100].

6) Визначення основних показників якості зерна озимої пшениці, зокрема вмісту сирої клейковини, вмісту білка та натури зерна, здійснювали керуючись чинним стандартом ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» [101].

7) Статистичний аналіз та математичну обробку експериментальних даних здійснювали із застосуванням методів дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів. Розрахунки виконували за допомогою програмних пакетів MS Excel 2016 та Statistica 12 [98, 102].

Розрахунок показників економічної та енергетичної ефективності вирощування озимої пшениці здійснювали, керуючись методичними рекомендаціями М.Г. Лобаса, О.К. Медведовського та П.І. Іваненка [103, 104].

Висновки до розділу 2

1. Експериментальні дослідження за темою наукової роботи виконували впродовж 2022–2025 рр. у ґрунтово-кліматичних умовах, типових для зони Правобережного Лісостепу. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений чорноземом опідзоленим, який характеризується високим рівнем сприятливості для вирощування сільськогосподарських культур

2. Метеорологічні умови в роки проведення експериментів були типовими для цієї агрокліматичної зони й загалом виявилися сприятливими для росту та розвитку рослин озимої пшениці.

3. Організацію експериментальних досліджень та закладання польових дослідів здійснювали з дотриманням методологічних вимог наукової агрономії, викладених у працях В.О. Єщенка, П.Г. Копитка, П.В. Костоґриза та В.П. Опришко.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ПОСІВІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ

3.1. Польова схожість насіння пшениці озимої

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) посідає провідне місце серед світових зернових культур, забезпечуючи високоякісну сировину для харчової промисловості та тваринництва [105, 106, 107]. Продуктивність озимої пшениці значною мірою визначається режимом мінерального живлення та нормами висіву, які є інструментами регулювання росту й розвитку рослин [105, 108]. Оскільки постійно з'являються нові сорти, необхідно вдосконалювати технологію їх вирощування. Головне завдання на початкових етапах – забезпечити максимальну схожість насіння, оскільки саме це гарантує високий урожай у майбутньому [109].

За визначенням В.В. Лихочвора, склад агрофітоценозу озимої пшениці охоплює основну культуру, супутні культурні рослини та бур'яни [110]. Характер міжвидових і внутрішньовидових взаємозв'язків у такому угрупованні закладається ще на етапі появи сходів. Саме показник польової схожості є визначальним для формування густоти стеблостою перед збиранням урожаю. Таким чином, він слугує базовим критерієм оцінки стану посівів та ефективності застосовуваної технології вирощування [111, 112].

Під польовою схожістю розуміють відсоткове співвідношення кількості отриманих сходів до обсягу висіяного кондиційного насіння. Своєчасна та рівномірна поява проростків є фундаментом для досягнення високої продуктивності й оптимальних якісних показників зерна. Цей параметр значною мірою детермінується гідротермічними умовами ґрунту (вологістю та температурою), а також комплексом агротехнічних чинників, зокрема термінами проведення сівби, системою мінерального живлення тощо [113, 114, 115].

Згідно з результатами польових дослідів, встановлено високі показники польової схожості насіння озимої пшениці. У сорту Бодицек цей параметр варіював у межах 91,78–93,85%, тоді як у сорту Реформ становив 92,19–93,89% (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Показник польової схожості насіння пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, % (середнє за 2022–2024 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	91,78	92,57	92,50	92,15	92,22	92,19	92,42	92,67
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	93,33	93,62	93,67	93,48	93,89	93,33	93,67	93,48
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	93,67	93,71	93,33	93,85	93,11	93,81	93,58	93,33
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	93,78	93,43	93,58	93,19	93,33	93,71	93,75	93,33
Середнє	93,23				93,24			

За результатами дисперсійного аналізу із застосуванням тесту Дункана встановлено суттєвий вплив мінеральних добрив на показники польової схожості насіння пшениці озимої. На контрольному варіанті без внесення добрив зафіксовано нижчі значення польової схожості порівняно з удобреними варіантами. У середньому цей показник у сорту Бодицек становив 92,25%, а у сорту Реформ – 92,38% (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Групування значень показника польової схожості насіння пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, % (середнє за 2022–2024 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Однорідні групи	
		Бодицек	Реформ	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	92,25	92,38	***	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	93,52	93,59		***
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	93,64	93,46		***
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	93,50	93,53		***

Внесення мінеральних добрив сприяло достовірному підвищенню польової схожості насіння. Зокрема, у сорту Бодицек на варіантах N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ та

$N_{75}P_{60}K_{60}$ показник становив відповідно 93,52%, 93,64% і 93,50%. У сорту Реформ значення польової схожості були на рівні 93,59%, 93,46% та 93,53% відповідно до зазначених норм удобрення.

Таким чином, застосування мінеральних добрив забезпечило підвищення польової схожості насіння пшениці озимої порівняно з контролем: у середньому для сорту Бодицек показник становив 1,30%, а для сорту Реформ – 1,15%.

Встановлено, що польова схожість насіння пшениці озимої не залежала від технологічного фактора норм висіву. Результати статистичного аналізу показали, що всі варіанти норм висіву належали до однієї гомогенної групи, що підтверджує відсутність істотного впливу цього чинника на показники польової схожості за умов високотехнологічного процесу сівби (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Групування значень показника польової схожості насіння пшениці озимої
залежно від впливу норм висіву за тестом Дункана, %
(середнє за 2022–2024 рр.)**

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Однорідні групи
		Бодицек	Реформ	1
1	300	93,14	93,14	***
2	350	93,33	93,26	***
3	400	93,27	93,36	***
4	450	93,17	93,20	***

У сорту Бодицек польова схожість за норм висіву 300, 350, 400 та 450 нас./м² становила відповідно 93,14%, 93,33%, 93,27% і 93,17%. Для сорту Реформ значення показника відповідали 93,14%, 93,26%, 93,36% та 93,20% згідно із зазначеним порядком норм висіву насіння.

Отже, дослідженнями встановлено позитивний вплив мінеральних добрив на польову схожість насіння пшениці озимої, порівняно з варіантом без удобрення параметри показника збільшилися в межах від 1,15 до 1,30%. На варіантах із внесенням добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ польова схожість сорту Бодицек

становила відповідно 93,52%, 93,64% і 93,50%, сорту Реформ – 93,59%, 93,46% та 93,53%. Разом із тим встановлено, що рівень польової схожості насіння не залежав від норм мінеральних добрив і норм висіву насіння.

3.2. Перезимівля та загальне виживання рослин пшениці озимої

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є стратегічною культурою світового значення. З літературних джерел відомо, що на її врожайність та якість суттєво впливають два фактори: система удобрення та густота посіву [105, 108]. Сучасна селекція вимагає перегляду підходів до формування структури посівів. Зокрема, особлива увага приділяється показникам перезимівлі та загальному виживанню рослин як базовим параметрам стабільності посіву на всіх етапах вегетації [109].

Зимівля пшениці озимої, стан рослин після перезимівлі є одним із важливих періодів впливаючих на процес забезпечення рівня врожайності зерна. Від успішного проходження рослинами зимового періоду значною мірою залежить весняне відновлення вегетації, інтенсивність кущення та реалізації генетичного потенціалу сорту. У сучасних умовах зміни клімату проблема забезпечення високої зимостійкості та збереженості рослин набуває особливої актуальності, оскільки нестабільність температурного режиму, часті відлиги, утворення льодової кірки та дефіцит вологи восени негативно впливають на фізіологічний стан посівів пшениці озимої [116].

На перезимівлю рослин значний вплив мають як погодні умови осінньо-зимового періоду, так і технологічні фактори вирощування. Встановлено, що оптимальні строки сівби, збалансоване мінеральне живлення, використання адаптованих сортів, якісна передпосівна обробка насіння та застосування регуляторів росту сприяють кращому розвитку рослин восени, накопиченню цукрів у вузлі кущення та підвищенню морозо- і зимостійкості [117, 118]. За даними досліджень, рослини пшениці озимої, які до припинення осінньої вегетації формують 2–3 пагони та добре розвинену кореневу систему, характеризуються вищою стійкістю до несприятливих умов зимівлі.

Отже, вивчення особливостей перезимівлі рослин пшениці озимої залежно

від впливу технологічних факторів є важливим як з наукової, так і з практичної точки зору. Оптимізація елементів технології вирощування дозволяє підвищити збереженість рослин після зимового періоду, забезпечити формування високопродуктивних посівів та стабільне отримання врожайності зерна.

За результатами польових дослідів, встановлено високі показники перезимівлі рослин озимої пшениці. В середньому по досліді цей параметр становив у сорту Бодицек 91,88%, у сорту Реформ – 91,57% (табл. 3.4). Перезимівля залежала, як від норм застосованих мінеральних добрив, так і від норм висіву насіння.

Таблиця 3.4

Показник перезимівлі рослин пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	90,76	90,80	90,16	90,01	91,07	91,21	90,21	90,15
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	92,61	92,85	92,13	91,84	92,65	92,76	91,38	91,09
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	92,75	92,86	91,78	91,70	92,46	92,26	91,16	91,28
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	92,87	93,05	91,88	92,05	92,48	92,67	91,24	91,00
Середнє	91,88				91,57			

За результатами оцінки за критерієм Дункана встановлено, що найнижчі показники перезимівлі рослин пшениці озимої сортів Бодицек і Реформ спостерігалися на контрольному варіанті без внесення мінеральних добрив – 90,43% та 90,66%, відповідно, що було істотно менше порівняно з удобреними варіантами (табл. 3.5). На фоні внесення добрив у нормах N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ і N₇₅P₆₀K₆₀ рівень перезимівлі був практично однаковим і становив у сорту Бодицек – 92,36%; 92,27%; 92,46%, а у сорту Реформ – 91,97%; 91,79%; 91,85%, відповідно.

Під час оцінки впливу норм висіву насіння на перезимівлю рослин встановлено, що найвищі та статистично однакові показники отримано за норм

висіву 300 і 350 нас./м². У сорту Бодицек вони становили 92,25% і 92,39%, а у сорту Реформ – 92,16% і 92,22% відповідно (табл. 3.6). За підвищення норми висіву до 400 і 450 нас./м² показник перезимівлі істотно знижувався: у сорту Бодицек – до 91,49% і 91,40%, а у сорту Реформ – до 91,00% і 90,88%. Між зазначеними варіантами істотної різниці не виявлено.

Таблиця 3.5

**Групування значень показника перезимівлі рослин пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, %
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Однорідні групи	
		Бодицек	Реформ	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	90,43	90,66	***	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	92,36	91,97		***
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	92,27	91,79		***
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	92,46	91,85		***

Таблиця 3.6

**Групування значень показника перезимівлі рослин пшениці озимої залежно від впливу норм висіву за тестом Дункана, %
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Однорідні групи	
		Бодицек	Реформ	1	2
1	300	92,25	92,16	***	
2	350	92,39	92,22	***	
3	400	91,49	91,00		***
4	450	91,40	90,88		***

Суттєве значення має показник загальної виживаності рослин, який відображає ефективність технологічних заходів протягом усього періоду вегетації [111]. Він розраховується як відсоткове відношення кількості рослин, що

збереглися до моменту жнив, до обсягу висіяного життєздатного насіння. Якщо раніше цей параметр був порівняно низьким, то сучасні агротехнології дозволяють досягти рівня виживання понад 80%. Це сприяє вирівняності посівів та зменшує розрив у розвитку окремих рослин. Оскільки продуктивність агрофітоценозу безпосередньо залежить від його структури, ключовими критеріями оцінки є можливість за допомогою факторів технології підтримувати життєздатність рослин на всіх етапах.

Наступним важливим показником формування посівів у технології вирощування пшениці озимої є загальне виживання рослин. За результатами трирічних досліджень встановлено, що рівень цього показника залежав від факторів, передбачених схемою експерименту (табл. 3.7). Виявлено, що в середньому по досліді загальне виживання рослин було високим: у сорту Бодицек показник становив 81,92%, а у сорту Реформ – 81,58%.

Таблиця 3.7

Показник загального виживання рослин пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	78,56	78,29	76,58	76,52	77,44	77,81	76,33	75,85
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	84,11	83,71	82,67	83,04	83,67	84,38	82,25	82,22
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	84,67	84,29	82,92	82,59	83,00	83,90	82,25	82,67
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	84,33	83,81	82,25	82,44	84,33	84,00	82,67	82,44
Середнє	81,92				81,58			

На контрольному варіанті без внесення мінеральних добрив загальне виживання рослин у середньому становило 77,49% у сорту Бодицек та 76,86% у сорту Реформ. Застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню виживання рослин: у середньому за фактором цей показник досягав 83,40% у сорту Бодицек і 83,15% у сорту Реформ (табл. 3.8). Таким чином, порівняно з контролем загальне

виживання рослин збільшилося на 5,91% у сорту Бодицек та 6,29% у сорту Реформ.

Таблиця 3.8

**Групування значень показника загального виживання рослин пшениці
озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, %
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Однорідні групи	
		Бодицек	Реформ	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	77,49	76,86	***	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	83,38	83,13		***
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	83,62	82,96		***
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	83,21	83,36		***

Водночас підвищення норм мінеральних добрив не забезпечувало істотних відмінностей між варіантами удобрення, оскільки отримані показники статистично належали до однієї гомогенної групи. У середньому загальне виживання рослин на варіантах N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ і N₇₅P₆₀K₆₀ становило відповідно у сорту Бодицек 83,38%, 83,62% та 83,21%, а у сорту Реформ – 83,13%, 82,96% і 83,36%.

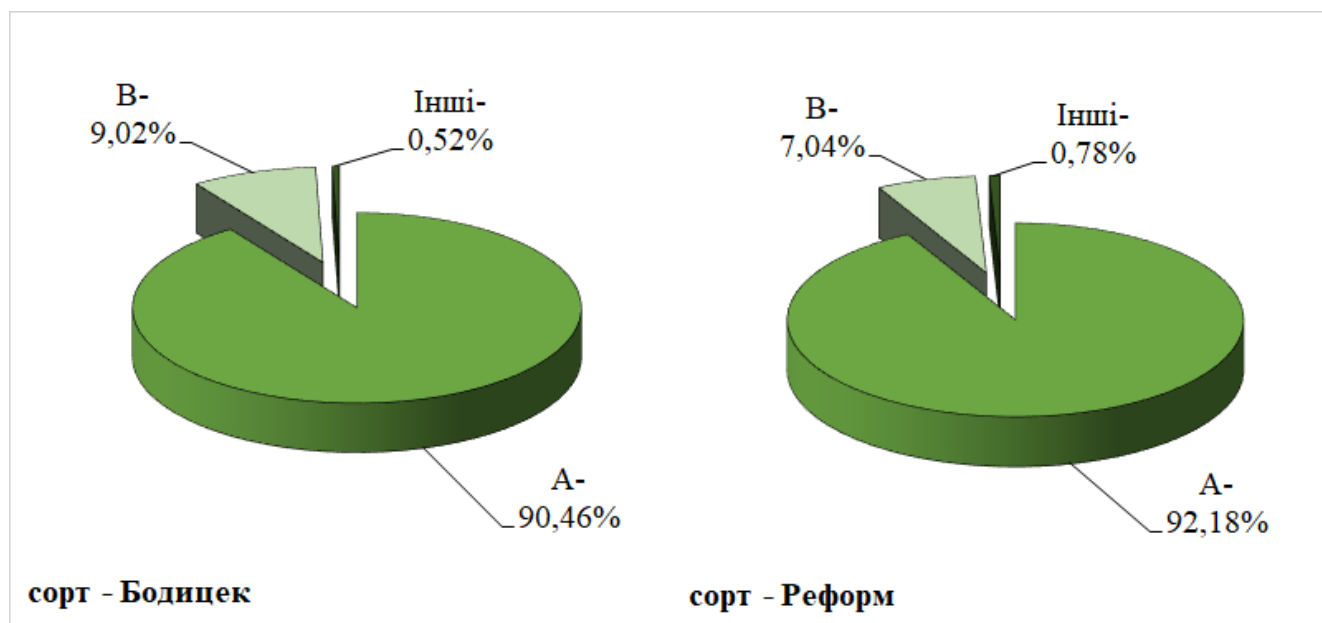
Аналіз впливу технологічного фактора – норм висіву насіння – свідчить, що найвищі показники загального виживання рослин пшениці озимої були отримані за норм висіву 300 та 350 нас./м² (табл. 3.9). У сорту Бодицек ці значення в середньому по досліді були статистично однаковими і становили відповідно 82,92% та 82,52%, тоді як у сорту Реформ – 82,11% та 82,52%. Підвищення норм висіву насіння супроводжувалося істотним зниженням загального виживання рослин. Зокрема, за норм висіву 400 і 450 нас./м² середні показники у сорту Бодицек становили 81,10% та 81,15%, а у сорту Реформ – 80,88% та 80,80% відповідно.

Частку впливу досліджуваних чинників на загальне виживання рослин пшениці відображено на рис. 3.1. Визначальну роль у цьому процесі відіграло внесення мінеральних добрив, частка впливу яких склала 90,46% для сорту Бодицек та 92,18% для сорту Реформ. Натомість частка норм висіву насіння була значно меншою і становила 9,02% та 7,04% відповідно.

**Групування значень показника загального виживання рослин пшениці озимої залежно від впливу норм висіву за тестом Дункана, %
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Однорідні групи	
		Бодицек	Реформ	1	2
1	300	82,92	82,11	***	
2	350	82,52	82,52	***	
3	400	81,10	80,88		***
4	450	81,15	80,80		***

Отже, дослідженнями встановлено вплив мінеральних добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ на перезимівлю та загальне виживання рослин пшениці озимої. Перезимівля рослин становила у сорту Бодицек відповідно 92,36%, 92,27% і 92,46%, тоді як у сорту Реформ – 91,97%, 91,79% та 91,85%. Загальне виживання рослин становило у сорту Бодицек відповідно 83,38%, 83,62% і 83,21%, а у сорту Реформ – 83,13%, 82,96% та 83,36%.



**Рис. 3.1. Частка впливу факторів на виживання рослин пшениці озимої
(фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)**

За впливом норм висіву насіння найефективнішими виявилися норми 300 і 350 нас./м², які порівняно з нормами 400 і 450 нас./м² забезпечили істотно вищі показники перезимівлі та виживання рослин. У сорту Бодицек перезимівля рослин становила відповідно 92,25% та 92,39%, а у сорту Реформ – 92,16% та 92,22%. У сорту Бодицек загальне виживання рослин становило відповідно 82,92% та 82,52%, а у сорту Реформ – 82,11% та 82,52%.

3.3. Фенофази росту та розвитку рослин пшениці озимої

Для пшениці озимої характерною є чітка послідовність фенологічних фаз розвитку, тривалість і перебіг яких значною мірою залежать від умов вирощування та елементів технології. До основних фенофаз належать сходи, кущіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння та досягання зерна. Від своєчасного проходження цих етапів залежить формування продуктивності посівів і реалізація генетичного потенціалу сорту. Одними з найважливіших технологічних чинників, що впливають на ріст і розвиток рослин, є рівень мінерального живлення та норма висіву насіння. За даними численних досліджень, оптимізація мінерального живлення сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів, прискорює формування вегетативних органів і забезпечує більш інтенсивний розвиток рослин упродовж вегетації [119, 120].

Мінеральні добрива, особливо азотні, впливають на інтенсивність ростових процесів, тривалість міжфазних періодів та накопичення біомаси рослин. Підвищення забезпеченості елементами живлення сприяє формуванню потужнішого асиміляційного апарату та покращує проходження критичних фаз органогенезу [121, 122]. Водночас норма висіву визначає густоту агроценозу, рівень конкуренції між рослинами за світло, воду й поживні речовини, що також позначається на темпах проходження окремих фенофаз та продуктивності посівів.

У сучасних умовах зміни клімату та необхідності підвищення ефективності використання ресурсів особливого значення набуває вивчення особливостей проходження фенофаз пшениці озимої залежно від рівня мінерального живлення та норм висіву насіння. Це дає змогу обґрунтувати оптимальні параметри

технології вирощування культури для забезпечення своєчасного розвитку рослин і формування високої врожайності зерна [119, 120, 123].

Фенологічні спостереження показали, що фактори, передбачені схемою досліду, не впливали на тривалість періоду від сівби до появи повних сходів озимої пшениці. У середньому для сортів Бодицек і Реформ повні сходи з'являлися через 8 днів після сівби у 2022 році, через 12 днів у 2023 році та через 10 днів у 2024 році.

Важливою характеристикою розвитку озимої пшениці є тривалість кушення, яка охоплює як осінній, так і весняний вегетаційні періоди, в який визначається здатність культури до формування потужного вузла кушення та накопичення енергетичних ресурсів. Саме від тривалості цього етапу залежить фінальна густота продуктивного стеблостою та стійкість посівів до несприятливих умов. Фенологічні спостереження показали, що початок фази кушення відмічався через 22 дні після сівби у 2022 році, через 32 дні у 2023 році та через 26 днів у 2024 році. Аналіз тривалості фази кушіння свідчить, що він залежав від норм мінеральних добрив і від норм висіву насіння. Так, в середньому за три роки досліджень у сорту Бодицек на контролі при нормі висіву 300 нас./м² кушення тривало 56 днів, при 350 нас./м² – 55 днів, при 400 нас./м² – 53 днів та при 450 нас./м² – 52 днів (рис. 3.2). На варіантах внесення добрив N₄₅P₃₀K₃₀ та N₆₀P₄₅K₄₅ за цих же норм висіву відповідно 55, 54, 52, 51 день та 54, 53, 50 та 49 днів. За найвищої норми мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ фаза кушіння тривала 53, 51, 48, 47 днів. У сорту Реформ на контрольному варіанті при нормі висіву 300 нас./м² тривалість фази кушення становила 60 днів, при 350 нас./м² – 59 днів, при 400 нас./м² – 57 днів та при 450 нас./м² – 56 днів (рис. 3.3). На варіантах внесення добрив N₄₅P₃₀K₃₀ та N₆₀P₄₅K₄₅ за цих же норм висіву відповідно 59, 58, 55, 54 днів та 58, 56, 53 та 52 днів. За найвищої норми мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ тривалість фази кушіння становило 56, 54, 51, 50 днів.

До найважливіших фенологічних фаз розвитку озимої пшениці належить вихід у трубку, який характеризується переходом рослин від кушення до інтенсивного росту стебла та подальшого формування колоса. Встановлено, що тривалість фази вихід в трубку залежав від норм мінеральних добрив і від норм висіву насіння. Так, в середньому за три роки досліджень у сорту Бодицек на

контролі при нормі висіву 300 нас./м² міжфазний період від виходу в трубку до колосіння тривав 29 днів, при 350 і 450 нас./м² – 30 днів та при 450 нас./м² – 31 день. На варіантах внесення добрив N₄₅P₃₀K₃₀ та N₆₀P₄₅K₄₅ за цих же норм висіву відповідно 27, 28, 29, 30 днів та 25, 26, 28 та 29 днів. За найвищої норми мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ ця фаза тривала 24, 25, 27, 28 днів. У сорту Реформ на контрольному варіанті при нормі висіву 300 нас./м² тривалість фази виходу в трубку становила 31 день, при 350 та 400 нас./м² – 32 днів та при 450 нас./м² – 33 дні. На варіанті внесення добрив N₄₅P₃₀K₃₀ за цих же норм висіву відповідно 30, 31, 32, 33 дня. При більших нормах мінеральних добрив N₆₀P₄₅K₄₅ та N₇₅P₆₀K₆₀ тривалість цієї фази зменшилася і становила 28, 29, 30, 31 день.

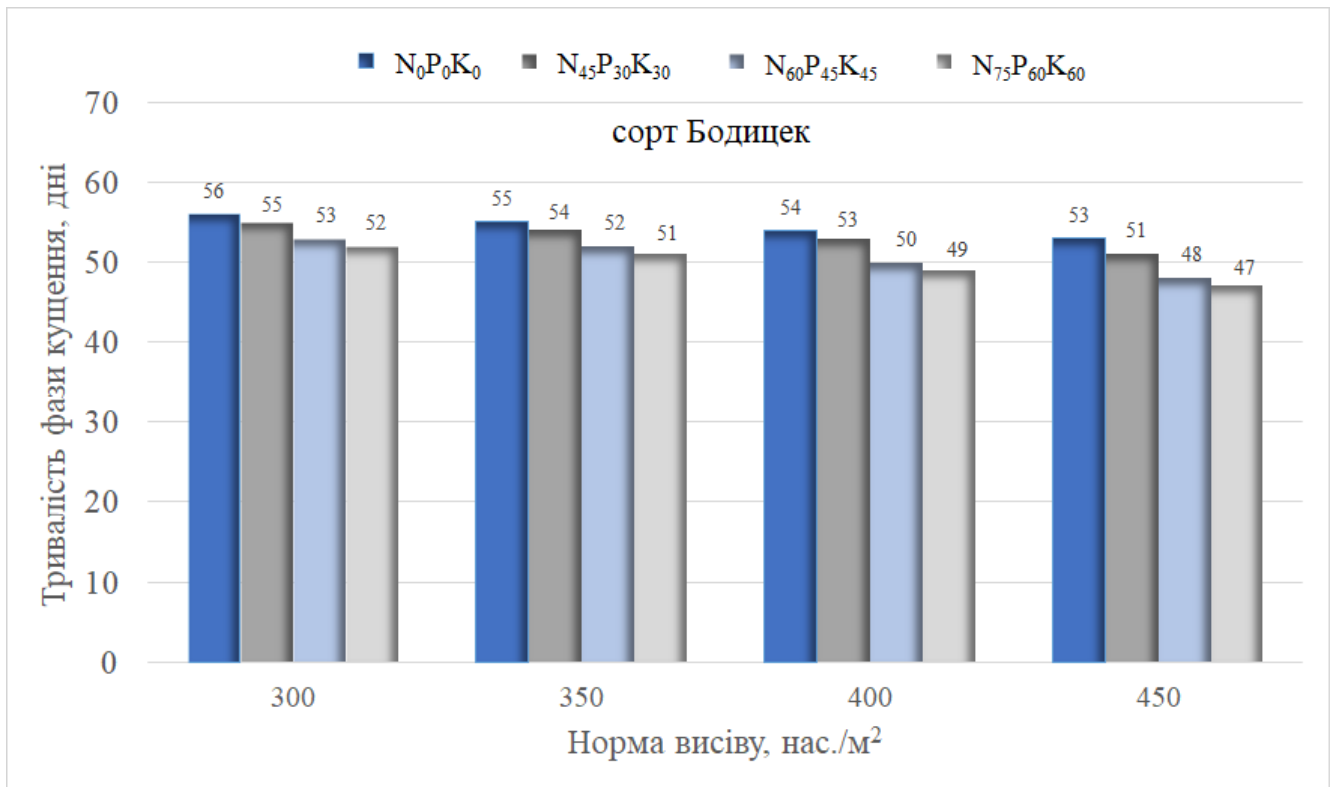


Рис. 3.2. Тривалість фази кушіння озимої пшениці сорту Бодицек залежно від впливу технологічних факторів

Міжфазний період від колосіння до повної стиглості у пшениці озимої є завершальним етапом розвитку культури, протягом якого відбуваються налив і дозрівання зерна, а також остаточне формування його врожайності та якості. На тривалість фази колосіння впливають різні фактори, зокрема мінеральні добрива та

норми висіву. Так, в середньому за три роки досліджень у сорту Бодицек на контролі та на варіанті $N_{45}P_{30}K_{30}$ при всіх нормах висіву міжфазний період від колосіння до повної стиглості тривав 36 та 38 днів. На варіанті внесення добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ за норм висіву 300 та 350 нас./м² – 40 днів, а за норм 400 та 450 нас./м² – 39 днів. За найвищої норми мінеральних добрив $N_{75}P_{60}K_{60}$ ця фаза тривала 41 день при нормах висіву 300 та 350 нас./м² та 40 днів при нормах висіву 400 та 450 нас./м². У сорту Реформ на контролі та на варіанті $N_{45}P_{30}K_{30}$ при всіх нормах висіву тривалість фази колосіння становила 38 та 41 день. На варіанті внесення добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ за норм висіву 300 та 350 нас./м² – 43 дня, а за норм 400 та 450 нас./м² – 42 дня. За найвищої норми мінеральних добрив $N_{75}P_{60}K_{60}$ тривалість цієї фази становив 44 дня при нормах висіву 300 та 350 нас./м² та 43 дня при нормах висіву 400 та 450 нас./м².

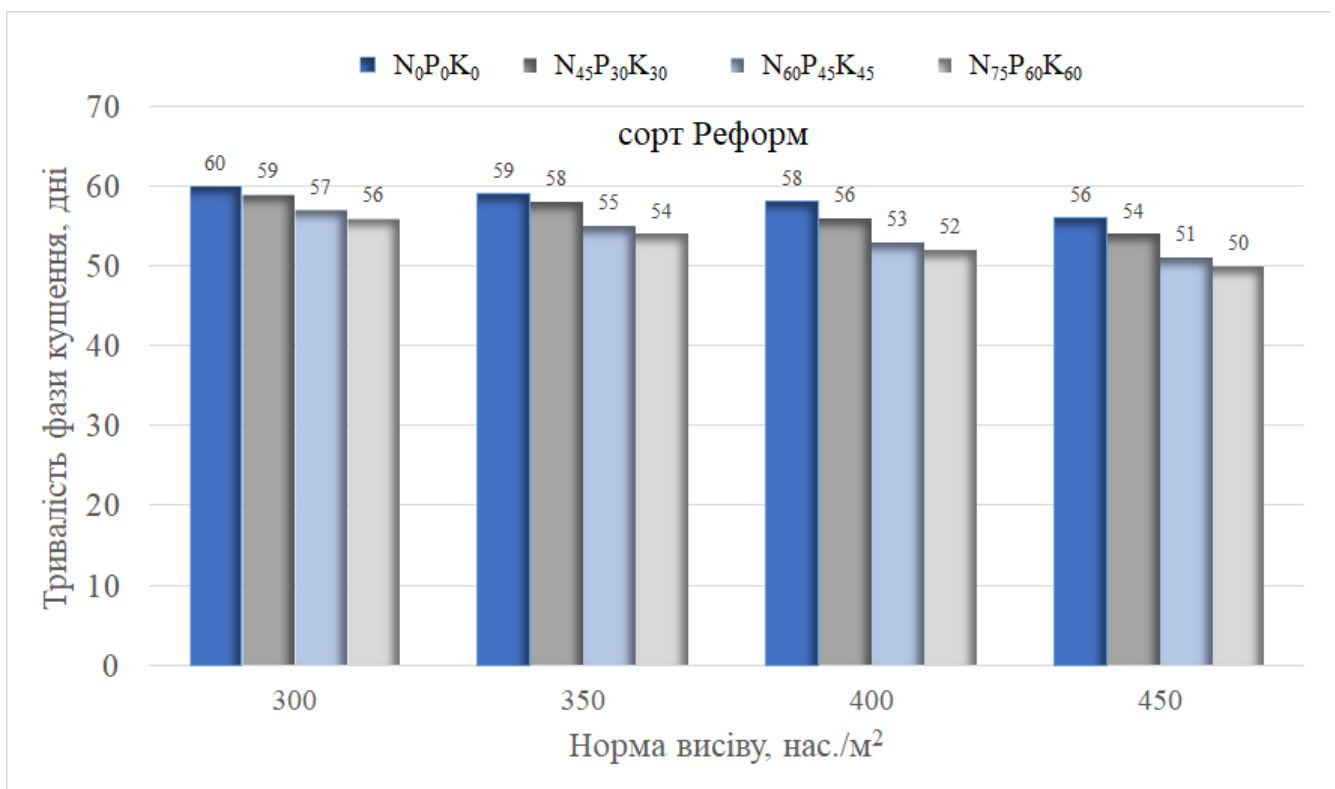


Рис. 3.3. Тривалість фази кушіння озимої пшениці сорту Реформ залежно від впливу технологічних факторів

Отже, вегетаційний період рослин озимої пшениці залежав від мінеральних добрив та норм висіву насіння. В середньому за 2022-2025 роки досліджень

тривалість його у сорту Бодицек знаходилася в межах від 257 до 263 дня, у сорту Реформ – від 267 до 271 днів.

3.4. Густота продуктивного стеблостою пшениці озимої

Кількість рослин пшениці озимої є одним із ключових показників формування високопродуктивних посівів та важливою передумовою отримання стабільного врожаю. Формування оптимальної густоти стояння рослин залежить від комплексу технологічних, біологічних та абіотичних факторів, серед яких важливе значення мають норми висіву насіння, рівень мінерального живлення, сортові особливості та умови вирощування. Саме достатня кількість добре розвинених рослин забезпечує ефективне використання вологи, елементів живлення та сонячної енергії, що в подальшому позитивно впливає на продуктивність культури [124].

За даними численних досліджень, застосування мінеральних добрив сприяє покращенню польової схожості насіння, росту й розвитку рослин, а також підвищує їх загальне виживання протягом вегетації [125]. Водночас надмірне загущення посівів може призводити до посилення внутрішньовидової конкуренції між рослинами за світло, вологу та поживні речовини, що негативно позначається на їх виживанні та продуктивності [126]. Тому визначення оптимальних параметрів норм висіву та норм мінеральних добрив є важливим завданням удосконалення технології вирощування пшениці озимої.

Сучасні сорти пшениці озимої характеризуються різною реакцією на технологічні фактори, тому дослідження особливостей формування кількості рослин залежно від рівня мінерального живлення та норм висіву є актуальним напрямом агрономічної науки. Це дає можливість оптимізувати елементи технології вирощування для максимальної реалізації продуктивного потенціалу культури [127].

За результатами проведених досліджень встановлено, що середня кількість рослин пшениці озимої в середньому по досліді у сорту Бодицек знаходилася в межах 236–374 шт./м², тоді як у сорту Реформ цей показник був 323–372 шт./м²

(табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Показник кількості рослин пшениці озимої залежно від впливу
досліджуваних факторів, шт./м² (середнє за 2023–2025 рр.)**

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	236	274	306	344	232	272	305	341
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	252	293	331	374	251	295	329	370
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	254	295	332	372	249	294	329	372
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	253	293	329	371	253	294	331	371
Середнє	307				306			

Кількість рослин пшениці озимої залежала від застосування мінеральних добрив, проте збільшення норм їх внесення не зумовлювало істотних змін у параметрах посівів. Це підтверджують дані, отримані за однакових норм висіву насіння. Зокрема, при нормі висіву 300 нас./м² меншу кількість рослин на одиниці площі посіву відзначено лише на контрольному варіанті, тоді як на удобрених фонах показники були практично однаковими. Аналогічна закономірність спостерігалася і за норм висіву 350, 400 та 450 нас./м².

Отримані результати підтверджені статистичним аналізом (табл. 3.11), відповідно до якого кількість рослин на удобрених варіантах незалежно від фону мінерального живлення в середньому становила 311–313 шт./м² у сорту Бодицек та 311–312 шт./м² у сорту Реформ. На контролі цей показник був нижчим і складав 290 шт./м² та 288 шт./м² відповідно.

Вплив мінерального удобрення на кількість рослин проявлявся переважно через покращення їх виживання. Водночас усі варіанти із внесенням мінеральних добрив належали до однієї гомогенної групи, що свідчить про однаковий характер впливу різних норм удобрення на параметри посівів.

Встановлено, що всі досліджувані норми висіву насіння мали істотний вплив

на кількість рослин на одиниці площі посіву. Закономірність зміни показників підтверджена результатами досліджень (табл. 3.12). Найменшу кількість рослин зафіксовано за норми висіву 300 нас./м² – 248 шт./м² у сорту Бодицек та 246 шт./м² у сорту Реформ. При збільшенні норми висіву до 350 нас./м² кількість рослин зросла на 40 шт. у сорту Бодицек та на 42 шт. у сорту Реформ. За висіву 400 нас./м² показник досягав у сорту Бодицек 324 шт./м² та у сорту Реформ 323 шт./м², а при нормі 450 нас./м² – 365 шт./м² та 363 шт./м², відповідно.

Таблиця 3.11

Групування значень показника кількості рослин пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, шт./м² (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Однорідні групи	
		Бодицек	Реформ	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	290	288	***	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	312	311		***
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	313	311		***
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	311	312		***

Таблиця 3.12

Групування значень показника кількості рослин пшениці озимої залежно від впливу норм висіву за тестом Дункана, шт./м² (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Однорідні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	300	248	246	***			
2	350	288	288		***		
3	400	324	323			***	
4	450	365	363				***

Аналіз впливу досліджуваних факторів на показники кількості рослин на 1 м²

свідчить, що визначальну роль у формуванні цього параметра відігравали норми висіву насіння, частка впливу яких становила 94,95% у сорту Бодицек та 94,36% у сорту Реформ. Тоді як вплив норм мінеральних добрив був значно меншим – лише 4,84% та 5,46%, відповідно (рис. 3.4).

Отже, встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню кількості рослин пшениці озимої. На варіантах удобрення $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ у сорту Бодицек показник становив відповідно 312, 313 і 311 шт./м², а у сорту Реформ – 311, 311 та 312 шт./м². На контрольному варіанті без внесення добрив кількість рослин була нижчою і складала 290 шт./м² та 288 шт./м² відповідно.

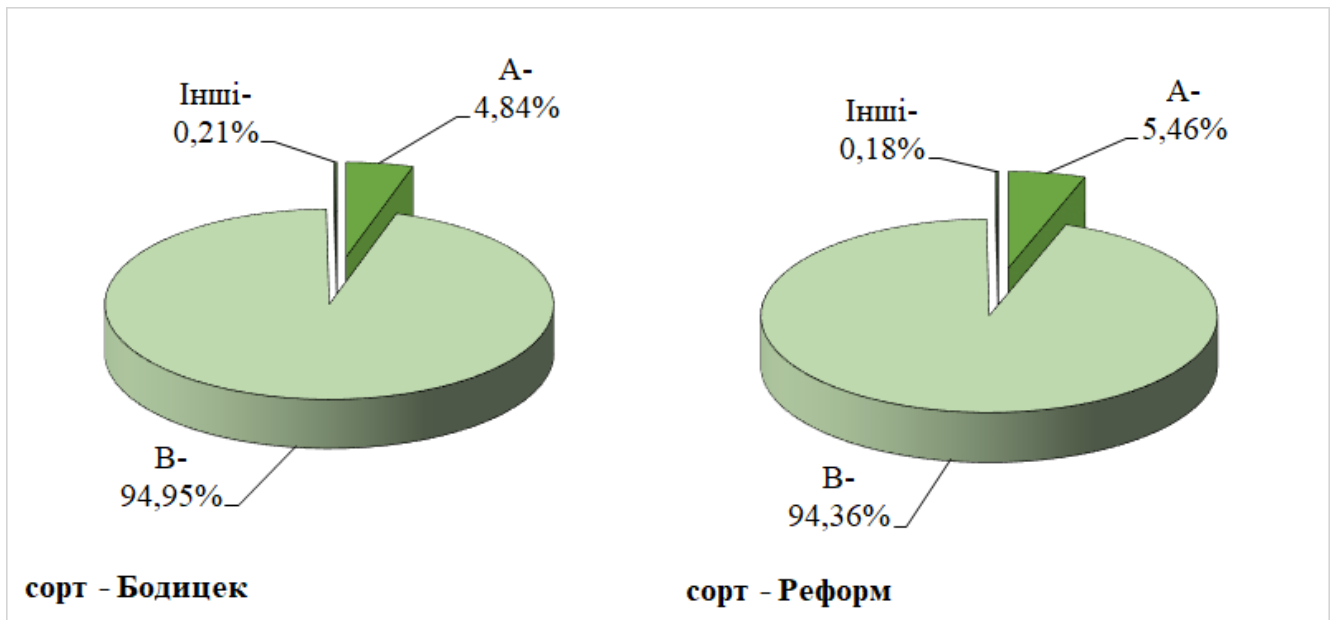


Рис. 3.4. Частка впливу факторів на кількість рослин пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

Під впливом норм висіву насіння 300, 350, 400 та 450 нас./м² встановлено чітку диференціацію показників кількості рослин: у сорту Бодицек значення становили відповідно 248, 288, 324 та 365 шт./м², а у сорту Реформ – 246, 288, 323 та 363 шт./м².

Продуктивність зернових культур значною мірою залежить від інтенсивності пагоноутворення. Про це зазначали науковці E. Acevedo, H. Silva, P. Silva ще у 1998 році [128]. Вони вважають, що процес кущення має важливе агрономічне значення,

оскільки дозволяє компенсувати нерівномірну густоту стояння рослин на полі. Проте встановлено, що підвищення норми висіву посилює конкуренцію за життєвий простір, що може призвести до меншої кількості пагонів на рослину [129]. Baloch M.S. та інші, зазначають, що при розріджених посівах кількість продуктивних пагонів на одній рослині суттєво зростає [130].

Процес кушення детермінується як генетично, так і екологічними умовами [131]. При цьому щільність фітоценозу виступає регулятором мікроклімату та інтенсивності споживання ресурсів. Ozturk A. та ін. підтвердили, що зниження густоти посіву пшениці дворучки сприяє збільшенню кількості пагонів та колосків на рослину [132]. Водночас результати досліджень A. Alemauehi та ін. вказують на загальну тенденцію до зменшення кількості продуктивних пагонів при надмірному ущільненні посівів [133].

Згідно з результатами досліджень, в середньому по досліді кількість продуктивних стебел у сорту Бодицек становила 504 шт./м², тоді як у сорту Реформ цей показник був вищим – 543 шт./м² (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Показник кількості продуктивних пагонів пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, шт./м² (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	311	329	353	375	344	365	390	418
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	415	434	459	483	457	477	497	522
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	525	547	573	604	564	585	610	641
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	621	646	674	708	661	686	716	752
Середнє	504				543			

За результатами досліджень встановлено, що густота продуктивного стеблестою рослин пшениці озимої зумовлювалася нормами висіву та рівнем мінерального живлення. Зокрема, інтенсифікація живлення сприяла суттєвому

збільшенню кількості продуктивних пагонів на 1 м² (табл. 3.14). Найменші значення зафіксовані на контролі (без добрив): 342 шт./м² у сорту Бодицек та 379 шт./м² у сорту Реформ. Натомість внесення мінеральних добрив забезпечило позитивну динаміку: при застосуванні норм N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ та N₇₅P₆₀K₆₀ показник збільшився відповідно до 448, 562 і 662 шт./м² у сорту Бодицек та до 488, 600 та 704 шт./м² у сорту Реформ.

Таблиця 3.14

Групування значень показника кількості продуктивних пагонів пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, шт./м² (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Однорідні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	342	379	***			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	448	488		***		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	562	600			***	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	662	704				***

Вплив норм висіву насіння на формування стеблостою був статистично значущим, причому кожна з них сформувала окрему гомогенну групу (табл. 3.15). Мінімальну кількість продуктивних пагонів зафіксовано за норми 300 нас./м² – 468 шт./м² у сорту Бодицек та 506 шт./м² у сорту Реформ, тоді як максимальні показники забезпечила норма 450 нас./м² – відповідно 542 шт./м² та 583 шт./м².

Статистична оцінка підтвердила вагому роль мінерального живлення у формуванні досліджуваної ознаки (рис. 3.5): частка впливу цього фактора склала 94,82% для сорту Бодицек та 94,66% для сорту Реформ. Натомість частка норм висіву була значно меншою – 5,11% та 5,26% відповідно.

Встановлено тісну кореляційну залежність кількості продуктивних пагонів від норм добрив та норм висіву: коефіцієнт множинної кореляції для сортів Бодицек та Реформ склав 0,974 та 0,975 відповідно (рис. 3.6).

Отримані рівняння регресії забезпечують прогнозування. Збільшення норми

внесення мінерального добрива на 45 кг/га д.р. NPK забезпечить приріст щільності стеблостою на 73 шт./м² у сорту Бодицек та 74 шт./м² у сорту Реформ за незмінної норми висіву.

Таблиця 3.15

Групування значень показника кількості продуктивних пагонів пшениці озимої залежно від впливу норм висіву за тестом Дункана, шт./м² (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Однорідні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	300	468	506	***			
2	350	489	528		***		
3	400	515	553			***	
4	450	542	583				***

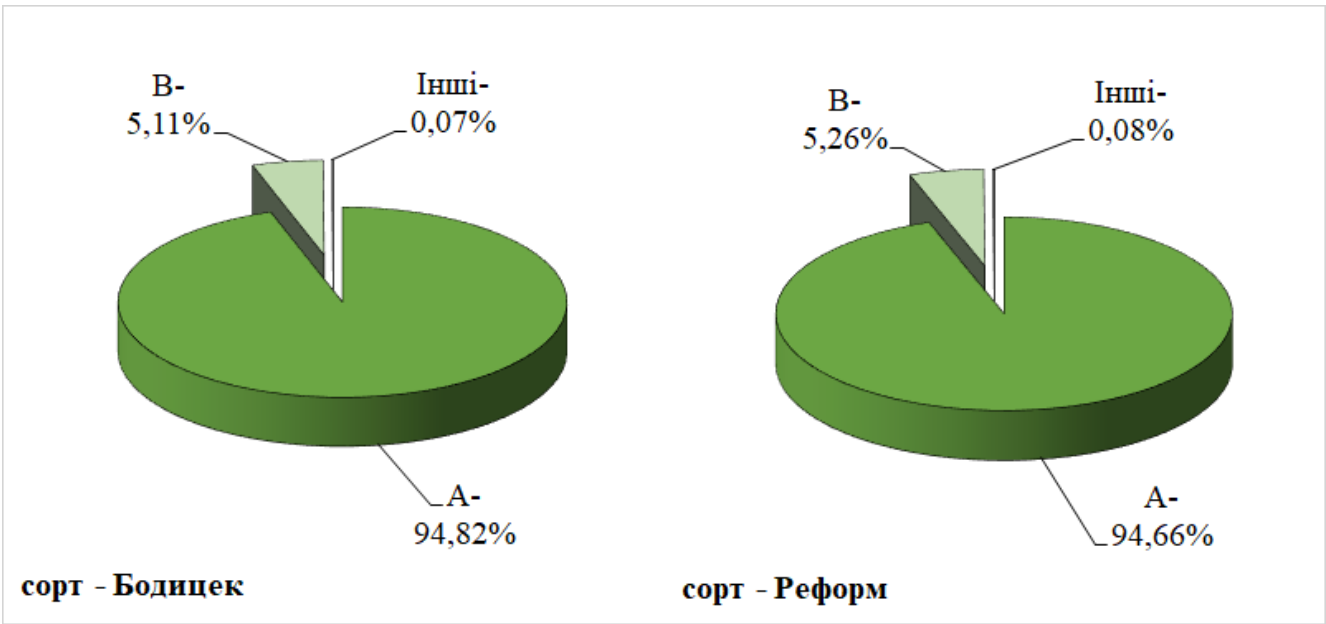


Рис. 3.5. Частка впливу факторів на кількість продуктивних пагонів пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

Норми висіву насіння також суттєво впливають на формування густоти продуктивного стеблостою. Згідно з прогнозованими даними регресійних моделей, за однакового фону живлення підвищення норми висіву на кожні 100 нас./м²

забезпечуватиме збільшення кількості продуктивних пагонів в середньому на 50 шт./м² для сорту Бодицек та на 51 шт./м² для сорту Реформ. Висока достовірність отриманих рівнянь підтверджується неістотною похибкою прогнозування.

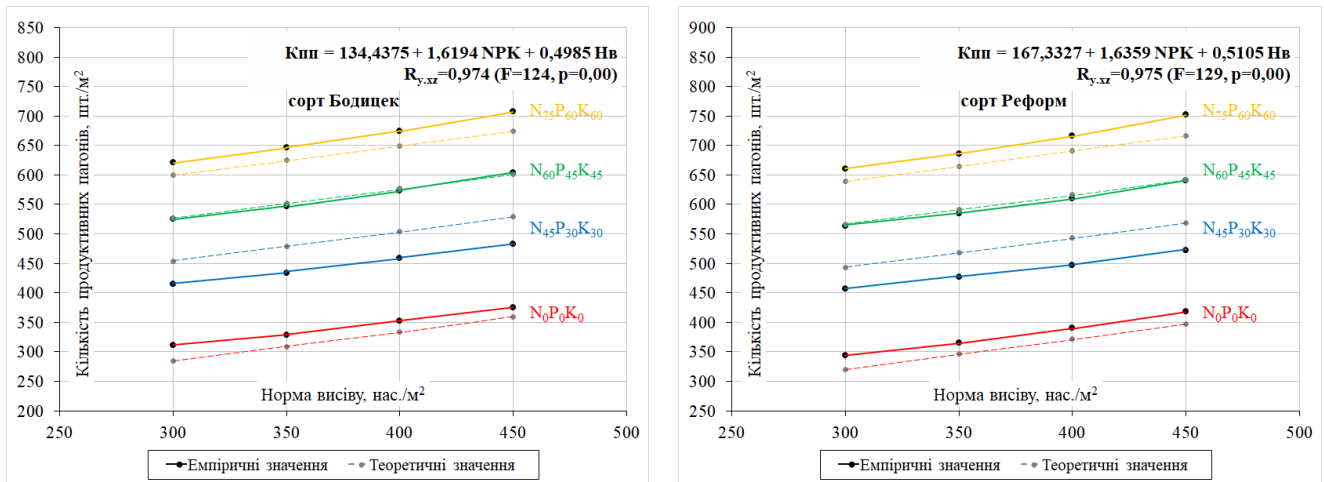


Рис. 3.6. Залежність показника кількості продуктивних пагонів пшениці озимої від впливу мінеральних добрив та норм висіву

Таким чином, формування продуктивного стеблостою пшениці озимої зумовлюється як рівнем мінерального живлення, так і нормою висіву. Інтенсифікація удобрення від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ забезпечила збільшення кількості продуктивних пагонів у сорту Бодицек з 342 до 662 шт./м², а у сорту Реформ – з 379 до 704 шт./м². Аналогічна динаміка спостерігалася при збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 468 до 542 шт./м², а у сорту Реформ – з 506 до 583 шт./м², відповідно.

Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 94,82% для сорту Бодицек та 94,66% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 5,11% та 5,26% відповідно.

Залежність густоти продуктивного стеблостою пшениці озимої від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{пп}^B = 134,4375 + 1,6194 NPK + 0,4985 H_v$ та у сорту Реформ $K_{пп}^P = 167,3327 + 1,6359 NPK + 0,5105 H_v$.

Коефіцієнт продуктивного кушення є одним із найважливіших показників в характеристиці структури агрофітоценозу пшениці озимої, оскільки розкриває

здатність рослин формувати продуктивні пагони та безпосередньо впливає на рівень урожайності культури. Високий коефіцієнт продуктивного кушення сприяє формуванню оптимальної густоти продуктивного стеблостою, що забезпечує ефективне використання факторів зовнішнього середовища та підвищує реалізацію генетичного потенціалу сорту [124]. Формування продуктивного кушення значною мірою залежить від технологічних факторів вирощування, зокрема норм висіву насіння, рівня мінерального живлення, строків сівби та біологічних особливостей сорту. За даними досліджень, оптимальне забезпечення рослин елементами живлення сприяє інтенсивнішому утворенню пагонів та підвищує їх продуктивність [125]. Водночас надмірне загущення посівів унаслідок високих норм висіву може призводити до посилення конкуренції між рослинами за світло, вологу та поживні речовини, що негативно впливає на процес кушення [126].

Важливе значення у формуванні продуктивного кушення мають також погодні умови осінньо-весняного періоду вегетації, які визначають інтенсивність ростових процесів та рівень збереження продуктивних пагонів [127]. Тому вивчення впливу технологічних факторів на коефіцієнт продуктивного кушення пшениці озимої є актуальним для вдосконалення елементів технології вирощування та підвищення продуктивності культури.

За результатами досліджень встановлено, що на інтенсивність продуктивного кушення пшениці озимої безпосередньо впливали норми висіву та рівень мінерального живлення (табл. 3.16). Середнє значення цього коефіцієнта в експерименті склало 1,65 у сорту Бодицек та 1,79 у сорту Реформ.

Результати впливу мінеральних добрив на процес кушення сортів Бодицек та Реформ наведені в таблиці 3.17, рисунок 3.7. Статистичний аналіз підтвердив істотну різницю між варіантами досліду, сформувавши окремі гомогенні групи. Мінімальні значення зафіксовано на контролі, без добрив: 1,19 у сорту Бодицек та 1,33 – у сорту Реформ. Внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ сприяло зростанню показника до 1,45 та 1,59 відповідно. При збільшенні норми до $N_{60}P_{45}K_{45}$ коефіцієнт досяг значень 1,82 та 1,96, а максимальне кушення забезпечив варіант $N_{75}P_{60}K_{60}$, де результати становили 2,15 та 2,28 залежно від сорту.

Таблиця 3.16

Показник продуктивного кушення пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, коефіцієнт (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	1,32	1,20	1,15	1,09	1,48	1,34	1,28	1,23
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,64	1,48	1,39	1,29	1,82	1,62	1,51	1,41
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,07	1,85	1,73	1,63	2,26	1,99	1,85	1,72
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	2,45	2,20	2,05	1,91	2,61	2,33	2,17	2,03
Середнє	1,65				1,79			

Таблиця 3.17

Групування значень показника продуктивного кушення пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, коефіцієнт (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Однорідні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	1,19	1,33	***			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,45	1,59		***		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,82	1,96			***	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	2,15	2,28				***

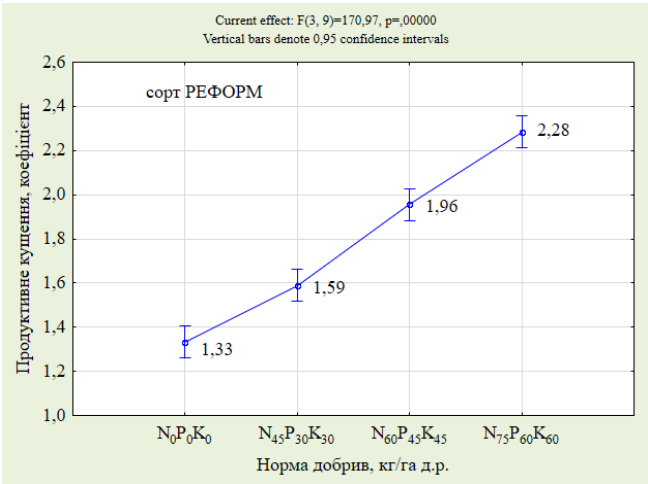
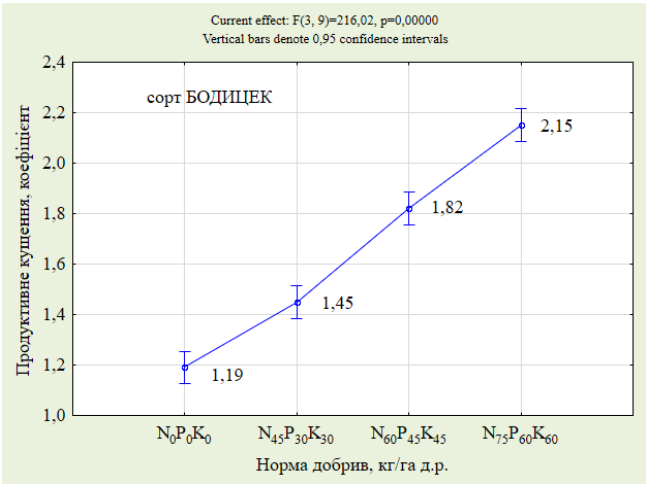


Рис. 3.7. Диференціація продуктивного кушення пшениці озимої залежно від мінерального живлення за тестом Дункана

Результати досліджень підтверджують статистично значущий вплив норм висіву на досліджуваний показник (табл. 3.18, рис. 3.8). Максимальні значення коефіцієнта кушення зафіксовано за найменшої норми 300 нас./м²: 1,87 у сорту Бодицек та 2,04 у сорту Реформ. Подальше загушення посівів до 450 нас./м² спричинило послаблення процесу кушення, отримано показники 1,48 та 1,60 відповідно сортів. Кожний варіант норми висіву займав окрему гомогенну групу, що свідчить про високу ступінь достовірності розбіжностей між ними.

Таблиця 3.18

Групування значень показника продуктивного кушення пшениці озимої залежно від впливу норм висіву за тестом Дункана, коефіцієнт (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Однорідні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	300	1,87	2,04	***			
2	350	1,68	1,82		***		
3	400	1,58	1,70			***	
4	450	1,48	1,60				***

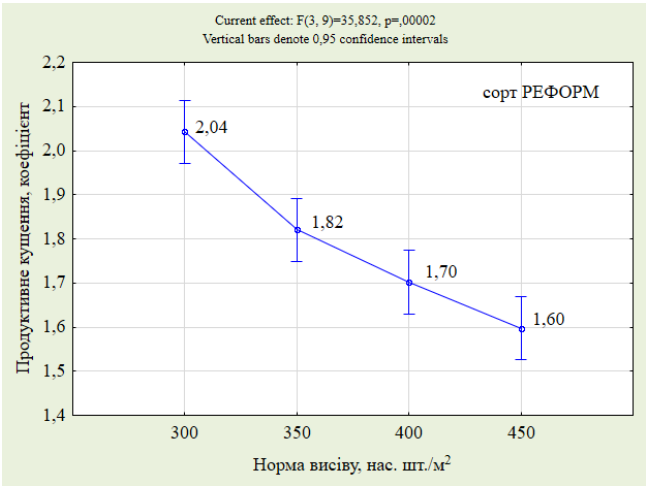
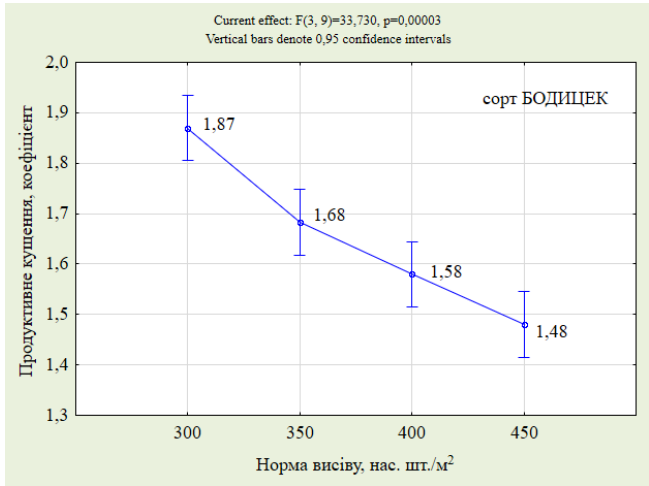


Рис. 3.8. Диференціація продуктивного кушення пшениці озимої залежно від норм висіву за тестом Дункана

Результати дисперсійного аналізу свідчать про домінуючу роль мінерального живлення у забезпеченні продуктивного кушення пшениці озимої (рис. 3.9). Частка впливу цього фактора становила 85,47% для сорту Бодицек та 81,48% для сорту Реформ, тоді як для норм висіву була значно меншою 13,34% та 17,09% відповідно.

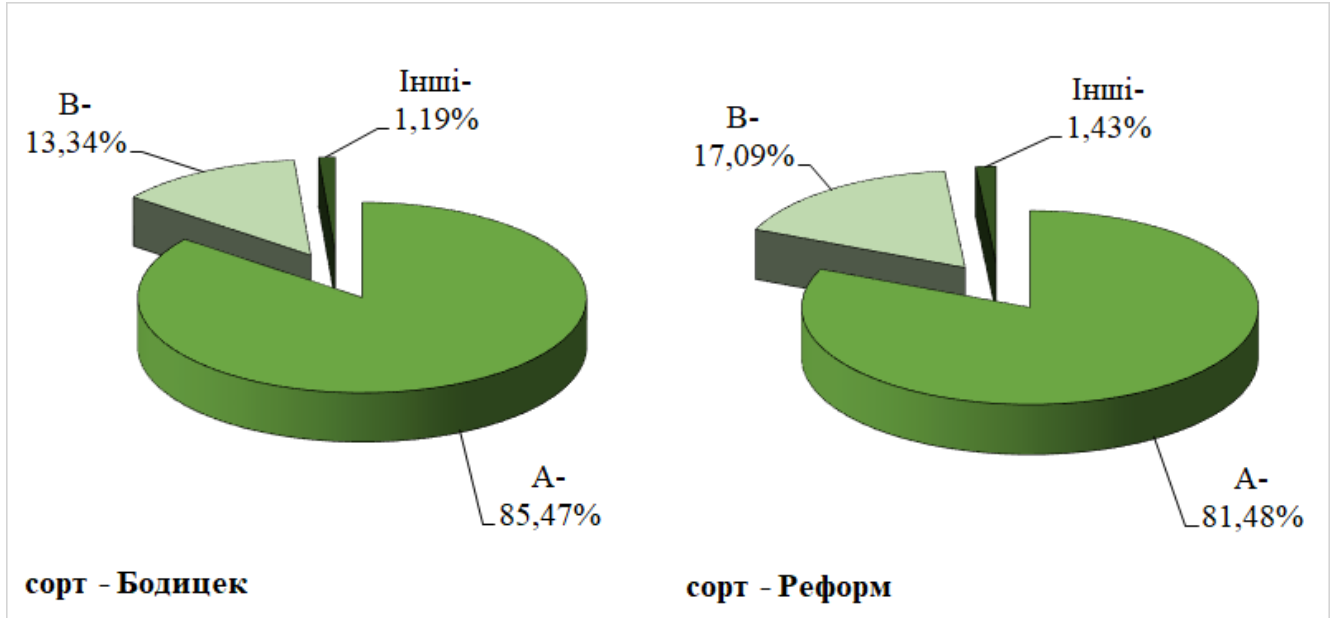


Рис. 3.9. Частка впливу факторів на продуктивне кушення пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

Таким чином, інтенсивність кушення пшениці озимої визначалася технологічними факторами: нормами висіву та рівнями мінерального живлення. Спостерігалася чітка диференціація показників: при збільшенні норми висіву від 300 до 450 нас./м² коефіцієнт кушення знижувався з 1,87 до 1,48 у сорту Бодицек та з 2,04 до 1,60 у сорту Реформ. Натомість оптимізація живлення забезпечила істотне зростання показника – від 1,19 на контролі до 2,15 на варіанті N₇₅P₆₀K₆₀ у сорту Бодицек та від 1,33 до 2,28 у сорту Реформ відповідно.

3.5. Формування площі листової поверхні та маси сухої речовини рослини пшениці озимої

Площа листової поверхні є одним із найважливіших показників фотосинтетичної діяльності рослин пшениці озимої, оскільки саме листовий апарат забезпечує процес накопичення органічної речовини та формування врожаю

зерна. Величина асиміляційної поверхні значною мірою визначає інтенсивність поглинання фотосинтетично активної радіації, рівень продуктивності фотосинтезу та ефективність використання елементів живлення і вологи. Особливого значення формування листкової поверхні набуває у фазу виходу в трубку, коли відбувається інтенсивний ріст вегетативної маси рослин.

За даними наукових досліджень, формування площі листкової поверхні пшениці озимої залежить від комплексу агротехнологічних чинників, серед яких важливе місце займають сортові особливості, строки сівби, норми висіву насіння, рівень мінерального живлення та погодні умови вегетаційного періоду. Встановлено, що оптимізація умов живлення сприяє активному процесу формування асиміляційного апарату, підвищує інтенсивність фотосинтетичних процесів і позитивно впливає на формування врожайності культури [134, 135].

Дослідники зазначають, що найбільш інтенсивне наростання листкової поверхні у рослин пшениці озимої відбувається від фази кушіння до кінця фази виходу в трубку. У подальшому, починаючи з колосіння, площа листкового апарату поступово зменшується внаслідок відмирання листків нижнього ярусу. Водночас встановлено тісний взаємозв'язок між площею листкової поверхні у фазу виходу в трубку та рівнем майбутньої врожайності зерна [135].

Важливу роль у формуванні асиміляційної поверхні відіграють внесені мінеральні добрива. За результатами досліджень доведено, що підвищення рівня мінерального живлення сприяє збільшенню площі листкової поверхні на 20–30%, що забезпечує кращі умови для накопичення сухої речовини та формування продуктивного стеблостою [136, 137]. Також встановлено, що оптимальні строки сівби та норми висіву насіння забезпечують формування посівів із високою фотосинтетичною активністю та оптимальною щільністю рослин, що позитивно впливає на розвиток листкового апарату.

Наукові праці свідчать, що сучасні сорти пшениці озимої характеризуються різною здатністю формувати асиміляційну поверхню залежно від умов вирощування. Це зумовлено їхніми біологічними особливостями, інтенсивністю ростових процесів та реакцією на агротехнічні заходи [138, 139]. Тому дослідження

впливу технологічних факторів на формування площі листкової поверхні рослин пшениці озимої у фазу виходу в трубку є актуальним та має важливе практичне значення для вдосконалення елементів технології вирощування культури й підвищення її продуктивності.

Проведені дослідження показали, що сорт Бодицек у середньому сформував площу листкової поверхні в межах 71,56–165,11 см²/рослину. Водночас у сорту Реформ цей показник виявився дещо нижчим і становив 66,15–156,00 см²/рослину (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Показник площі листкової поверхні пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, см²/рослину (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	82,11	78,00	74,75	71,56	75,67	71,90	68,92	66,15
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	117,44	111,43	105,75	100,37	110,00	104,29	99,17	94,15
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	144,78	137,43	130,25	123,33	136,67	129,43	122,92	116,81
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	165,11	156,29	147,75	140,22	156,00	147,43	139,42	131,93
Середнє	117,91				110,68			

Характер дії мінеральних добрив на розвиток асиміляційної поверхні досліджуваних сортів відображено на рисунку 3.10. За результатом математичного аналізу даних встановлено достовірну розбіжність між даними норм добрив, які розподілилися за окремими гомогенними групами. Найменші параметри відзначено на контролі: 76,60 см²/рослину для сорту Бодицек та 70,66 см²/рослину – для сорту Реформ. Із застосуванням N₄₅P₃₀K₃₀ ці значення підвищилися до 108,75 та 101,90 см²/рослину відповідно. Подальше посилення мінерального живлення до N₆₀P₄₅K₄₅ зумовило ріст показників до 133,95 та 126,46 см²/рослину. Пікові значення площі листя зафіксовано на фоні максимальної норми N₇₅P₆₀K₆₀, де вони склали 152,34 см²/рослину у сорту Бодицек та 143,70 см²/рослину у сорту Реформ.

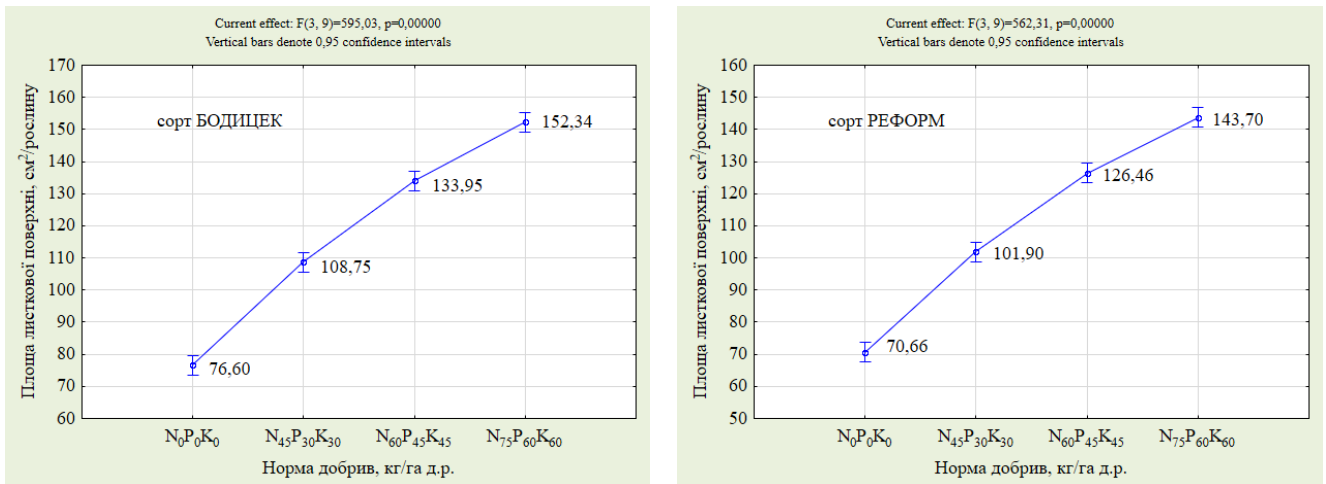


Рис. 3.10. Диференціація площі листкової поверхні пшениці озимої залежно від мінерального живлення за тестом Дункана

Математична обробка експериментальних даних підтвердила вагому роль норми висіву у формуванні площі листя пшениці (рис. 3.11). Оптимальні умови для розвитку індивідуальної листкової площі рослин склалися за норми 300 нас./ м^2 , де показники досягли 127,36 $\text{см}^2/\text{рослину}$ у сорту Бодицек та 119,58 $\text{см}^2/\text{рослину}$ у сорту Реформ. Натомість посилення конкуренції між рослинами при загущенні до 450 нас./ м^2 знизило ці значення до 108,87 та 102,26 $\text{см}^2/\text{рослину}$. Оскільки кожен досліджуваний варіант увійшов до окремої гомогенної групи, істотність відмінностей між ними є повністю доведеною.

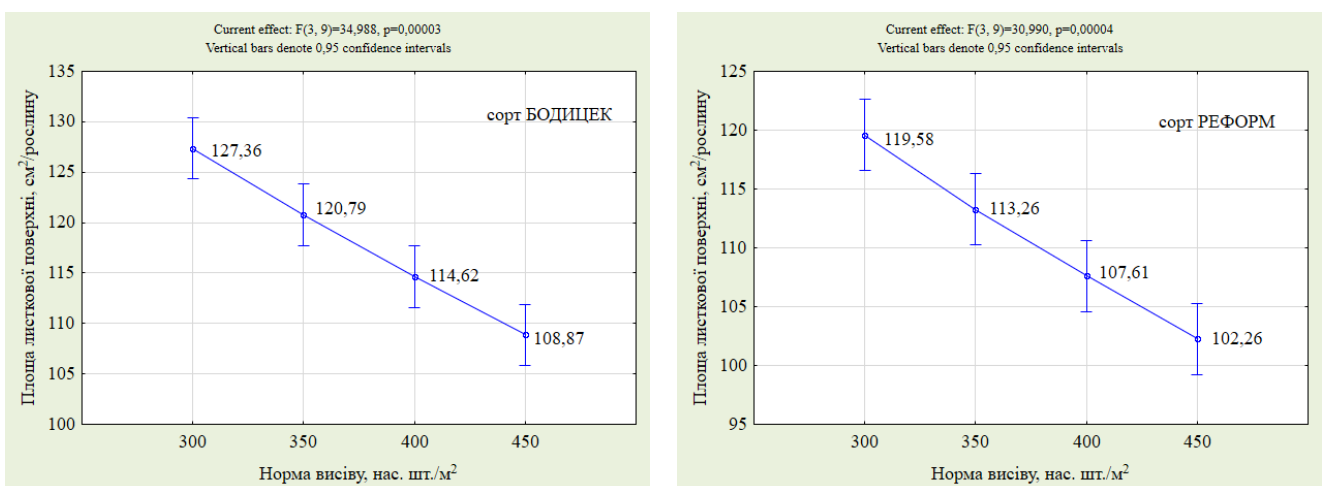


Рис. 3.11. Диференціація площі листкової поверхні пшениці озимої залежно від норм висіву за тестом Дункана

Підсумовуючи вище викладене, параметри листкової поверхні озимої пшениці чітко диференціювалися під дією норми висіву та мінеральних добрив. Із загущенням посівів від 300 до 450 нас./м² індивідуальна площа листя рослин зменшувалася у сорту Бодицек – з 127,36 до 108,87 см², у Реформ – з 119,58 до 102,26 см². Водночас інтенсифікація мінерального живлення забезпечила потужний приріст показника: від варіанта без добрив до варіанта з максимальною нормою внесення мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ значення піднялися з 76,60 до 152,34 см²/рослину для сорту Бодицек та з 70,66 до 143,70 см²/рослину для сорту Реформ.

Маса сухої речовини рослин є одним із найважливіших показників росту та розвитку пшениці озимої, оскільки характеризує інтенсивність проходження фотосинтетичних процесів, рівень накопичення органічної речовини та продуктивність агроценозу загалом [140]. Формування сухої біомаси відображає ефективність використання рослинами сонячної енергії, елементів живлення, вологи та інших факторів зовнішнього середовища. Особливо важливим періодом накопичення сухої речовини є фаза виходу в трубку, коли відбувається інтенсивний ріст вегетативної маси, формування генеративних органів та закладання основ майбутнього врожаю зерна.

Науковими дослідженнями встановлено, що накопичення сухої речовини у рослин пшениці озимої значною мірою залежить від технологічних факторів вирощування, серед яких особливе значення мають норми внесення мінеральних добрив, строки сівби, норми висіву насіння, сортові особливості та умови вологозабезпечення [141]. Оптимізація елементів технології вирощування забезпечує формування потужного асиміляційного апарату, посилює інтенсивність фотосинтезу та сприяє більш активному накопиченню сухої речовини у надземній масі рослин.

Важливу роль у формуванні сухої маси рослин відіграє мінеральне живлення. За даними дослідників, найбільше споживання азоту рослинами пшениці озимої відбувається у період від кущення до початку трубкування, коли формується до 50% загальної потреби культури в азоті. Забезпечення рослин достатньою

кількістю елементів живлення в цей період сприяє активному росту листової поверхні, посиленню фотосинтетичної діяльності та збільшенню накопичення сухої речовини. Доведено, що підвищення рівня мінерального живлення позитивно впливає на накопичення сухої надземної маси рослин у фазу виходу в трубку та колосіння [141].

Крім рівня удобрення, важливим чинником формування сухої речовини є норма висіву. Надмірне загущення посівів призводить до погіршення освітлення нижніх ярусів листків, зниження інтенсивності фотосинтезу та послаблення накопичення органічної маси. Натомість оптимальна норма висіву забезпечує формування продуктивного стеблостою з високою фотосинтетичною активністю [142].

Отже, вивчення особливостей формування маси сухої речовини у рослин пшениці озимої у фазу виходу в трубку залежно від впливу технологічних факторів є актуальним напрямом сучасної агрономічної науки. Оцінка цього показника дозволяє обґрунтувати оптимальні елементи технології вирощування культури з метою підвищення продуктивності посівів та ефективності використання ресурсного потенціалу агроценозу.

Результати досліджень засвідчили диференціацію за накопиченням сухої речовини пшениці озимої (табл. 3.20). Рослини сорту Бодицек сформували значення показника в межах 0,45–1,57 г/рослину, а сорт Реформ – 0,40–1,54 г/рослину.

Експериментальні дані підтверджують, що накопичення сухої біомаси рослинами озимої пшениці перебувало в прямій залежності від норм висіву та фону мінерального живлення. Зокрема, інтенсифікація застосування добрив забезпечила істотне зростання цього показника (рис. 3.12). Мінімальні параметри відзначено у варіанті без добрив (контроль), де вони становили 0,50 г/рослину для сорту Бодицек та 0,46 г/рослину – для Реформ. Оптимізація живлення зумовила стійку позитивну динаміку: на фонах $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ маса сухої речовини послідовно зростала до 0,89; 1,21 та 1,48 г/рослину в сорту Бодицек і до 0,86; 1,17 та 1,46 г/рослину в сорту Реформ.

Таблиця 3.20

Показник маси сухої речовини пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, г/рослину (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	0,55	0,51	0,48	0,45	0,52	0,47	0,43	0,40
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,96	0,91	0,87	0,83	0,92	0,88	0,83	0,79
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,29	1,23	1,18	1,14	1,25	1,20	1,15	1,09
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	1,57	1,50	1,44	1,39	1,54	1,48	1,43	1,38
Середнє по фактору	1,02				0,99			

Математичний аналіз підтвердив істотну роль норми висіву насіння у процесах накопичення сухої біомаси, при цьому досліджувані варіанти розділилися на окремі гомогенні групи (рис. 3.13). Максимальні значення маси параметрів рослин відзначено за меншої густоти стояння 300 нас./м², де вони становили 1,09 г для сорту Бодицек та 1,06 г – для Реформ. Навпаки, найменші показники сформувалися в умовах загущення до 450 нас./м², знизившись до 0,95 та 0,92 г/рослину відповідно до сорту.

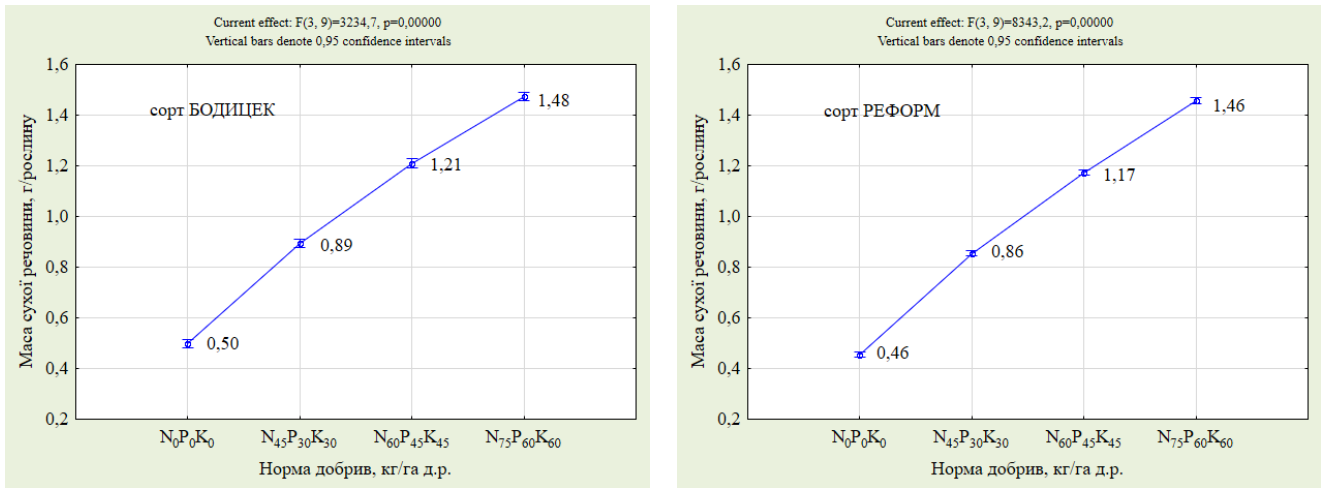


Рис. 3.12. Диференціація маси сухої речовини пшениці озимої залежно від мінерального живлення за тестом Дункана

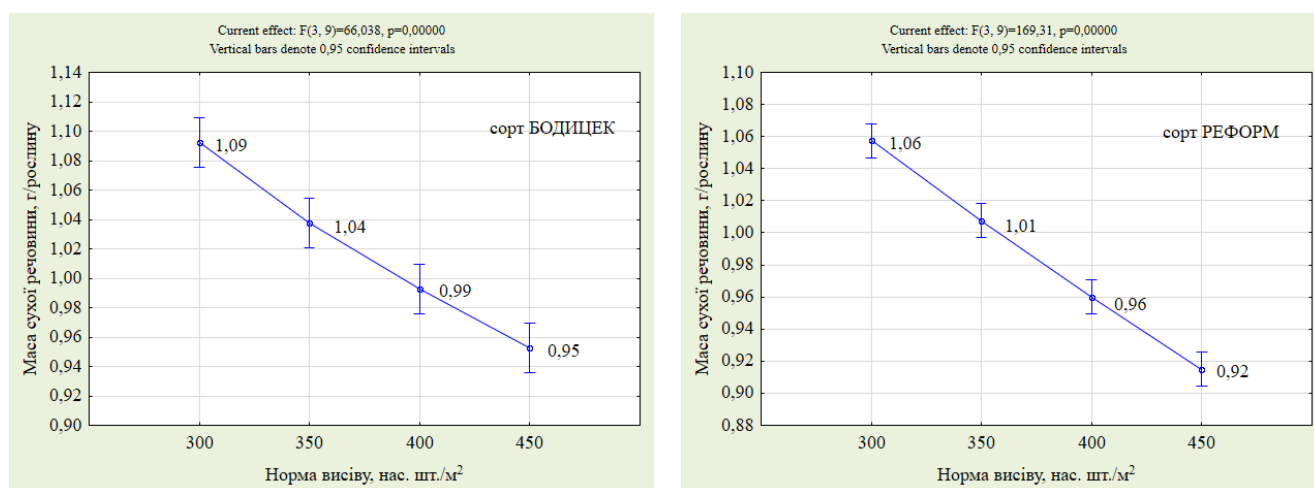


Рис. 3.13. Диференціація маси сухої речовини пшениці озимої залежно від норм висіву за тестом Дункана

Таким чином, на процеси накопичення сухої речовини озимої пшениці комплексно впливали як норми висіву, так і норми мінерального удобрення. Оптимізація умов удобрення від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила суттєвий приріст маси сухої речовини: у сорту Бодицек – з 0,50 до 1,48 г/рослину, а у сорту Реформ – з 0,46 до 1,46 г/рослину. Натомість збільшення норми висіву з 300 до 450 нас./м² зумовило зворотну тенденцію, спричинивши зменшення вагових параметрів рослин із 1,09 до 0,95 г/рослину у сорту Бодицек та з 1,06 до 0,92 г/рослину у сорт Реформ.

Висновки до розділу 3

Встановлено позитивний вплив мінеральних добрив на польову схожість насіння пшениці озимої. Порівняно з контрольним варіантом без удобрення збільшення показника становило від 1,15 до 1,30%. На варіантах із внесенням добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ польова схожість у сорту Бодицек становила відповідно 93,52%, 93,64% і 93,50%, тоді як у сорту Реформ – 93,59%, 93,46% та 93,53%. Разом із тим встановлено, що рівень польової схожості насіння не залежала від норм мінеральних добрив і норм висіву насіння.

Дослідженнями встановлено вплив мінеральних добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ на перезимівлю та загальне виживання рослин пшениці озимої. Перезимівля рослин становила у сорту Бодицек відповідно 92,36%, 92,27% і

92,46%, тоді як у сорту Реформ – 91,97%, 91,79% та 91,85%. Загальне виживання рослин становило у сорту Бодицек відповідно 83,38%, 83,62% і 83,21%, а у сорту Реформ – 83,13%, 82,96% та 83,36%. За впливом норм висіву насіння найефективнішими виявилися норми 300 і 350 нас./м², які порівняно з нормами 400 і 450 нас./м² забезпечили істотно вищі показники перезимівлі та виживання рослин. У сорту Бодицек перезимівля рослин становила відповідно 92,25% та 92,39%, а у сорту Реформ – 92,16% та 92,22%. У сорту Бодицек загальне виживання рослин становило відповідно 82,92% та 82,52%, а у сорту Реформ – 82,11% та 82,52%.

Тривалість вегетації озимої пшениці залежала від норм висіву та мінерального живлення, що безпосередньо впливали на темпи проходження фенофаз. Упродовж 2022–2025 рр. цей період у сорту Бодицек становив 257–263 дні, а у сорту Реформ – 267–271 день.

Встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню кількості рослин пшениці озимої порівняно з контролем. На варіантах удобрення $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ показники були статистично однаковими і становили у сорту Бодицек відповідно 312, 313 і 311 шт./м², а у сорту Реформ – 311, 311 та 312 шт./м². На контрольному варіанті без внесення добрив кількість рослин була нижчою і складала 290 шт./м² та 288 шт./м², відповідно. Під впливом норм висіву насіння 300, 350, 400 та 450 нас./м² спостерігалася диференціація показників кількості рослин: у сорту Бодицек значення становили відповідно 248, 288, 324 та 365 шт./м², а у сорту Реформ – 246, 288, 323 та 363 шт./м².

Формування продуктивного стеблостою пшениці озимої детермінувалося як рівнем мінерального живлення, так і нормою висіву. Інтенсифікація удобрення від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила збільшення кількості продуктивних пагонів у сорту Бодицек з 342 до 662 шт./м², а у сорту Реформ – з 379 до 704 шт./м². Аналогічна динаміка спостерігалася при збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 468 до 542 шт./м², а у сорту Реформ – з 506 до 583 шт./м², відповідно. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 94,82% для сорту Бодицек та 94,66% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 5,11% та 5,26% відповідно. Залежність густоти продуктивного стеблостою пшениці озимої

від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{пп}^B = 134,4375 + 1,6194 NPK + 0,4985 Hв$ та у сорту Реформ $K_{пп}^P = 167,3327 + 1,6359 NPK + 0,5105 Hв$.

Інтенсивність кушення пшениці озимої визначалася технологічними факторами: нормами висіву та рівнями мінерального живлення. Спостерігалася чітка диференціація показників: при збільшенні норми висіву від 300 до 450 нас./м² коефіцієнт кушення знижувався з 1,87 до 1,48 у сорту Бодицек та з 2,04 до 1,60 у сорту Реформ. Натомість оптимізація мінерального живлення забезпечила істотне зростання показника – від 1,19 на контролі до 2,15 на варіанті $N_{75}P_{60}K_{60}$ у сорту Бодицек та від 1,33 до 2,28 у сорту Реформ відповідно.

Параметри листової поверхні озимої пшениці чітко диференціювалися під дією норми висіву та мінеральних добрив. Із загущенням посівів від 300 до 450 нас./м² індивідуальна площа листя рослин зменшувалася у сорту Бодицек – з 127,36 до 108,87 см², у Реформ – з 119,58 до 102,26 см². Водночас інтенсифікація мінерального живлення забезпечила збільшення показника: від варіанта без добрив до варіанта з максимальною нормою внесення мінеральних добрив $N_{75}P_{60}K_{60}$ значення зросли з 76,60 до 152,34 см²/рослину для сорту Бодицек та з 70,66 до 143,70 см²/рослину для сорту Реформ.

На процеси накопичення сухої речовини озимої пшениці комплексно впливали як норми висіву, так і норми мінерального удобрення. Оптимізація умов удобрення від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила суттєвий приріст маси сухої речовини: у сорту Бодицек – з 0,50 до 1,48 г/рослину, а у сорту Реформ – з 0,46 до 1,46 г/рослину. Натомість збільшення норми висіву з 300 до 450 нас./м² зумовило зворотну тенденцію, спричинивши зменшення вагових параметрів рослин із 1,09 до 0,95 г/рослину у сорту Бодицек та з 1,06 до 0,92 г/рослину у сорт Реформ.

Опубліковані праці за розділом 3

1. Свинар М.М. Залежність польової схожості та загального виживання рослин пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2024. №138. С. 154-158.
<https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.19>

2. Свинар М.М. Залежність виживання рослин пшениці озимої від впливу технологічних факторів. *Інновації в агросекторі: наука і практика для сталого розвитку: матеріали науково-практичної конференції*. 11 листопада 2025 р. Снятин, 2025. С. 7-9.

3. Свинар М.М., Климишена Р.І. Залежність кількості рослин пшениці озимої від впливу технологічних факторів. *Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Євроінтеграції: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної онлайн конференції*. 20-21 листопада 2025 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. С. 206-208.

4. Свинар М. Польова схожість насіння пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали IX Всеукраїнської наукової інтернет-конференції*. 23 квітня 2026 р. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2026. С. 175-176.

РОЗДІЛ 4

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ ЗА СТРУКТУРНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ

4.1. Продуктивність колоса пшениці озимої за кількістю зерен

Формування високої продуктивності пшениці озимої значною мірою залежить від елементів структури врожаю, одним із найважливіших серед яких є кількість зерен у колосі. Саме цей показник визначає потенційну продуктивність рослин та істотно впливає на рівень урожайності зерна. Кількість зерен у колосі залежить від генетичних особливостей сорту, погодних умов та комплексу технологічних факторів, серед яких особливе значення мають мінеральне живлення і норми висіву насіння [143, 144].

У сучасних технологіях вирощування пшениці озимої застосування оптимальних норм мінеральних добрив є одним із головних чинників підвищення продуктивності культури. Достатнє забезпечення рослин елементами живлення, особливо азотом, сприяє інтенсивнішому формуванню генеративних органів, підвищує озерненість колоса та покращує реалізацію потенціалу сорту. За даними наукових досліджень, підвищення рівня мінерального живлення забезпечувало збільшення кількості зерен у колосі пшениці озимої з 30 до 37–38 шт. залежно від сорту та норми добрив [145].

Важливу роль у формуванні продуктивності колоса відіграють також норми висіву насіння. Оптимальна густота стояння рослин забезпечує ефективне використання світла, вологи та поживних речовин, що позитивно впливає на розвиток колоса і кількість зерен у ньому. Надмірне загущення посівів може призводити до посилення конкуренції між рослинами, погіршення умов живлення та зниження озерненості колоса. Водночас недостатня густота посіву не дозволяє повною мірою реалізувати продуктивний потенціал агроценозу [146, 147].

У зв'язку зі змінами кліматичних умов та необхідністю підвищення ефективності виробництва зерна особливої актуальності набуває встановлення

оптимального поєднання норм мінеральних добрив і норм висіву насіння для сучасних сортів пшениці озимої. Це сприятиме формуванню високопродуктивних посівів та забезпеченню стабільної урожайності культури в умовах Правобережного Лісостепу України [146].

За результатами проведених досліджень, озерненість колоса пшениці озимої визначалася нормами висіву насіння та нормами внесення мінеральних добрив. У сорту Бодицек цей показник коливався від 28,51 до 32,69 шт. (середнє по досліді – 30,87 шт.), тоді як у сорту Реформ – від 28,12 до 32,00 шт. (середнє по досліді 30,31 шт.), що детально відображено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Показник кількості зерен в колосі пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, шт. (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	32,69	32,17	31,54	30,69	32,00	31,53	30,95	30,09
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	32,33	31,69	30,90	29,93	31,66	31,06	30,35	29,47
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	31,79	31,09	30,30	29,20	31,18	30,54	29,78	28,70
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	31,16	30,43	29,56	28,51	30,61	29,87	29,08	28,12
Середнє	30,87				30,31			

Результати аналізу структури врожаю озимої пшениці засвідчили залежність озерненості колоса від технологічних чинників – норм висіву та мінерального удобрення. Максимальні середні значення показника зафіксовано на контролі без внесення добрив: 31,77 шт. у сорту Бодицек та 31,14 шт. у сорту Реформ. Застосування мінеральних добрив у нормах N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ та N₇₅P₆₀K₆₀ призводило до вірогідного зменшення кількості зерен. Зокрема, у сорту Бодицек цей параметр знижувався до 31,21; 30,60 та 29,92 шт., а у сорту Реформ – до 30,64; 30,05 та 29,42 шт. відповідно (табл. 4.2).

**Групування значень показника за кількістю зерен в колосі пшениці озимої
залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, шт.
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	31,77	31,14	***			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	31,21	30,64		***		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	30,60	30,05			***	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	29,92	29,42				***

Норми висіву також виявили істотний вплив на озерненість колоса пшениці, причому ця закономірність мала стабільний щорічний характер. Статистична оцінка отриманих даних підтвердила високу значущість впливу густоти посіву на кількість зерен у колосі (табл. 4.3). Математичний аналіз засвідчив, що максимальні показники формувалися за норми висіву 300 нас./м²: 31,99 шт. у сорту Бодицек та 31,36 шт. у сорту Реформ. Загущення посівів до 450 нас./м² призводило до вірогідного зниження реалізації потенціалу продуктивності колоса – до 29,58 шт. і 29,10 шт. для обох сортів відповідно.

Таблиця 4.3

**Групування значень показника за кількістю зерен в колосі пшениці озимої
залежно від впливу норм висіву насіння за тестом Дункана, шт.
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	300	31,99	31,36	***			
2	350	31,34	30,75		***		
3	400	30,58	30,04			***	
4	450	29,58	29,10				***

Результати двофакторного дисперсійного аналізу свідчать, що у формуванні кількості зерен у колосі пшениці визначальна роль належала нормам висіву насіння: частка їх впливу становила 62,27% для сорту Бодицек та 62,78% для сорту Реформ. Вплив мінерального живлення був менш вагомим, але також значущим – 37,01% та 36,51% відповідно для кожного сорту (рис. 4.1).

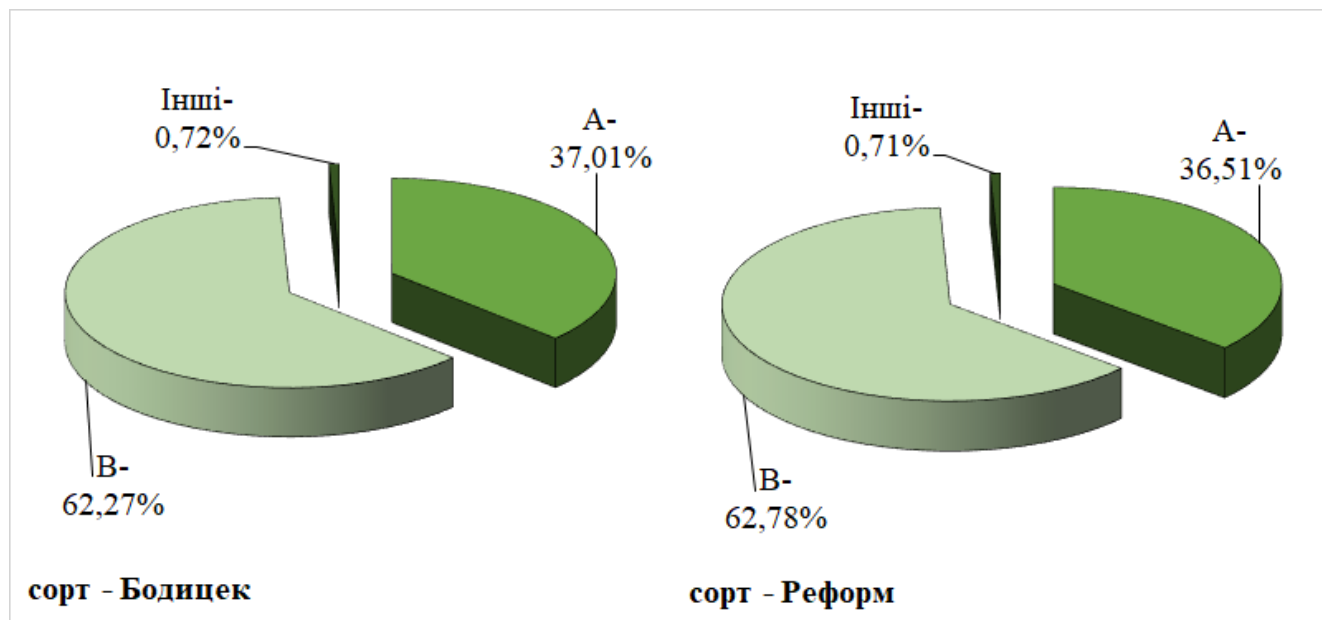


Рис. 4.1. Частка впливу факторів на кількість зерен в колосі пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

Представлені дані підтверджують, що внесені норми мінеральних добрив та норми висіву насіння виступають факторами управління продуктивністю колоса за кількістю зерен. Високий ступінь залежності параметрів колоса за цим показником засвідчують розраховані коефіцієнти множинної кореляції: $R_{y,xz}=0,98$ для сорту Бодицек та $R_{y,xz}=0,97$ для сорту Реформ. Отриманий зв'язок вказує на те, що покрокове підвищення норм добрив та збільшення густоти посіву супроводжуються редукцією озерненості колоса і навпаки збереженням потенціала продуктивності. Така закономірність є цілком прогнозованою та математично обґрунтованою за допомогою побудованих рівнянь множинної регресії (рис. 4.2).

Згідно з розрахунками регресійної моделі, фіксований рівень мінерального живлення та одночасне підвищення норми висіву насіння на кожні 100 нас./м² зумовлює редукцію кількості зерен у колосі в середньому на 1,6 шт. у сорту

Бодицек та на 1,5 шт. у сорту Реформ. Натомість за умови сталої густоти посіву інтенсифікація мінерального живлення на 45 кг/га д.р. NPK призводить до зменшення аналізованого показника в середньому на 0,42 шт. для сорту Бодицек та на 0,39 шт. для сорту Реформ.

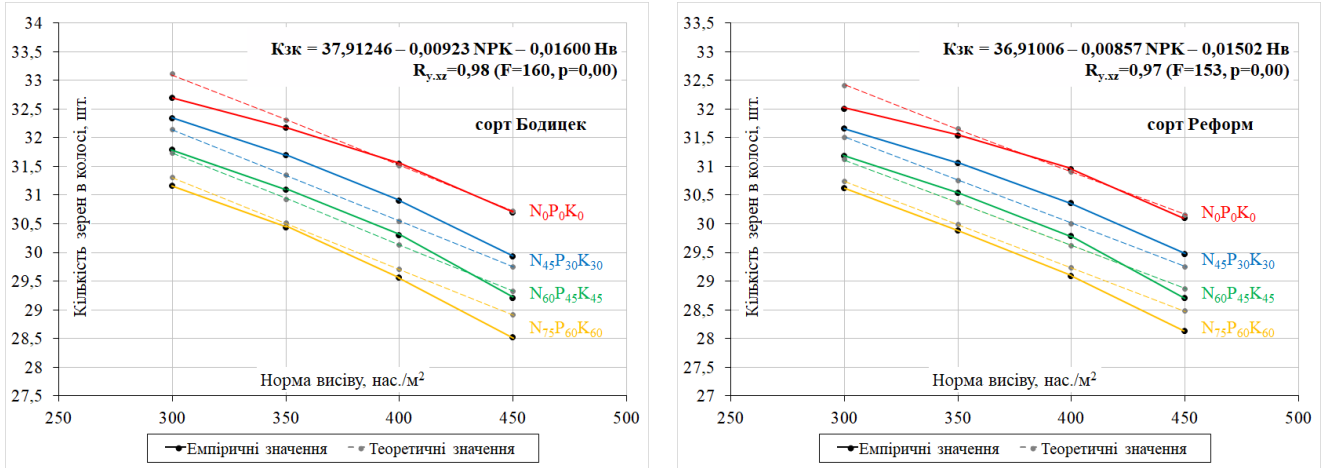


Рис. 4.2. Залежність показника кількості зерен в колосі пшениці озимої від впливу мінеральних добрив та норм висіву

Отже встановлено, що кількість зерен у колосі пшениці озимої залежала від рівня мінерального живлення та норм висіву насіння. Підвищення норм мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ сприяло зменшенню кількості зерен у колосі: у сорту Бодицек – з 31,77 до 29,92 шт., у сорту Реформ – з 31,14 до 29,42 шт. Аналогічну тенденцію відмічено і за збільшення норм висіву від 300 до 450 нас./м², де показник у сорту Бодицек знизився з 31,99 до 29,58 шт., а у сорту Реформ – з 31,36 до 29,10 шт. Визначено, що найбільший вплив на формування озерненості колоса мали норми висіву насіння, частка дії яких становила 62,27% у сорту Бодицек та 62,78% у сорту Реформ, тоді як вплив норм мінеральних добрив складав відповідно 37,01% та 36,51%. Встановлені залежності описуються рівняннями прямолінійної регресії: для сорту Бодицек $K_{zk}^B = 37,91246 - 0,00923 NPK - 0,01600 H_v$, для сорту Реформ $K_{zk}^P = 39,91006 - 0,00857 NPK - 0,01502 H_v$.

4.2. Продуктивність колоса пшениці озимої за масою зернівки

Рівень продуктивності пшениці озимої значною мірою визначається

показниками структури врожаю до яких належить і маса зернівки колоса. Цей показник характеризує рівень реалізації біологічного потенціалу рослин та безпосередньо впливає на величину врожайності зерна. Маса зернівки колоса формується під впливом комплексу факторів, серед яких особливо важливими є рівень мінерального живлення та норма висіву насіння. Раціональне поєднання цих елементів технології вирощування забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, формування асиміляційної поверхні та ефективного наливу зерна [148].

Мінеральні добрива є одним із головних чинників підвищення продуктивності пшениці озимої, оскільки забезпечують рослини доступними формами елементів живлення та активізують фізіолого-біохімічні процеси. За даними наукових досліджень, збалансоване внесення азоту, фосфору і калію сприяє покращенню росту рослин, підвищенню озерненості колоса та збільшенню маси зерна колоса. Водночас надмірні дози добрив можуть призводити до загущення посівів, посилення конкуренції між рослинами та зниження маси окремої зернівки [149].

Не менш важливим технологічним фактором є норма висіву насіння. Від густоти стояння рослин залежить рівень забезпечення посівів вологою, світлом і поживними речовинами індивідуальних біотипів культури. Оптимальна норма висіву створює сприятливі умови для формування продуктивного стеблостою та наливу зерна, тоді як надмірне загущення може зумовлювати зменшення маси зернівки в колосі через посилення внутрішньовидової конкуренції. Дослідження вітчизняних і зарубіжних учених підтверджують істотний вплив норм висіву на показники продуктивності та якості зерна пшениці озимої [146, 147].

У зв'язку з цим актуальним є дослідження особливостей реалізації потенціала маси зернівки колоса пшениці озимої за її параметрами залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння, що дає змогу обґрунтувати оптимальні параметри технології вирощування культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Дослідженнями встановлено, що маса зернівки озимої пшениці істотно

залежала від норм висіву та внесених норм мінеральних добрив (табл. 4.4). Для сорту Бодицек цей показник коливався в межах 38,43–43,17 мг (середнє по досліді – 40,88 мг), а для сорту Реформ – 39,32–43,64 мг (середнє по досліді – 41,54 мг). У сорту Бодицек за варіантів $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$ при нормі висіву 300 нас./м² значення маси зернівки пшениці озимої зменшувалось з 43,17 мг до 40,73 мг, різниця становить 2,44 мг; при нормі висіву 350 нас./м² – з 42,58 до 39,90 мг, різниця – 2,68 мг; при нормі висіву 400 нас./м² – з 41,89 до 39,06 мг, різниця – 2,83 мг; а при нормі висіву 450 нас./м² – з 40,92 до 38,43 мг, різниця – 2,49 мг. У сорту Реформ за варіантів $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$ при нормі висіву 300 нас./м² розходження між максимальними і мінімальними значеннями маси зернівки становили 2,29 мг, при нормі висіву 350 нас./м² – 2,49 мг, при нормі висіву 400 нас./м² – 2,66 мг, а при нормі висіву 350 нас./м² – 2,30 мг.

Таблиця 4.4

Показник маси зернівки в колосі пшениці озимої залежно від впливу досліджуваних факторів, мг (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	43,17	42,58	41,89	40,92	43,64	43,15	42,51	41,62
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	42,56	41,92	41,17	40,07	43,09	42,53	41,85	40,80
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	41,65	40,90	40,09	39,00	42,15	41,58	40,86	39,75
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	40,73	39,90	39,06	38,43	41,35	40,66	39,85	39,32
Середнє	40,88				41,54			

В середньому за роки досліджень оптимізація мінерального живлення суттєво впливала на масу зернівки пшениці (табл. 4.5). При застосуванні норм $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$ показники сорту Бодицек становили відповідно 42,14; 41,43; 40,41 та 39,53 мг, а сорту Реформ – 42,73; 42,07; 41,08 та 40,30 мг. Інтенсифікація процесу формування посіву призвела до зменшення маси зернівки: максимальна різниця між варіантами досліді склала 2,61 мг для сорту

Бодицек та 2,43 мг для сорту Реформ.

Таблиця 4.5

**Групування значень показника за масою зернівки в колосі пшениці озимої
залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, мг
(середнє за 2023–2025 рр.)**

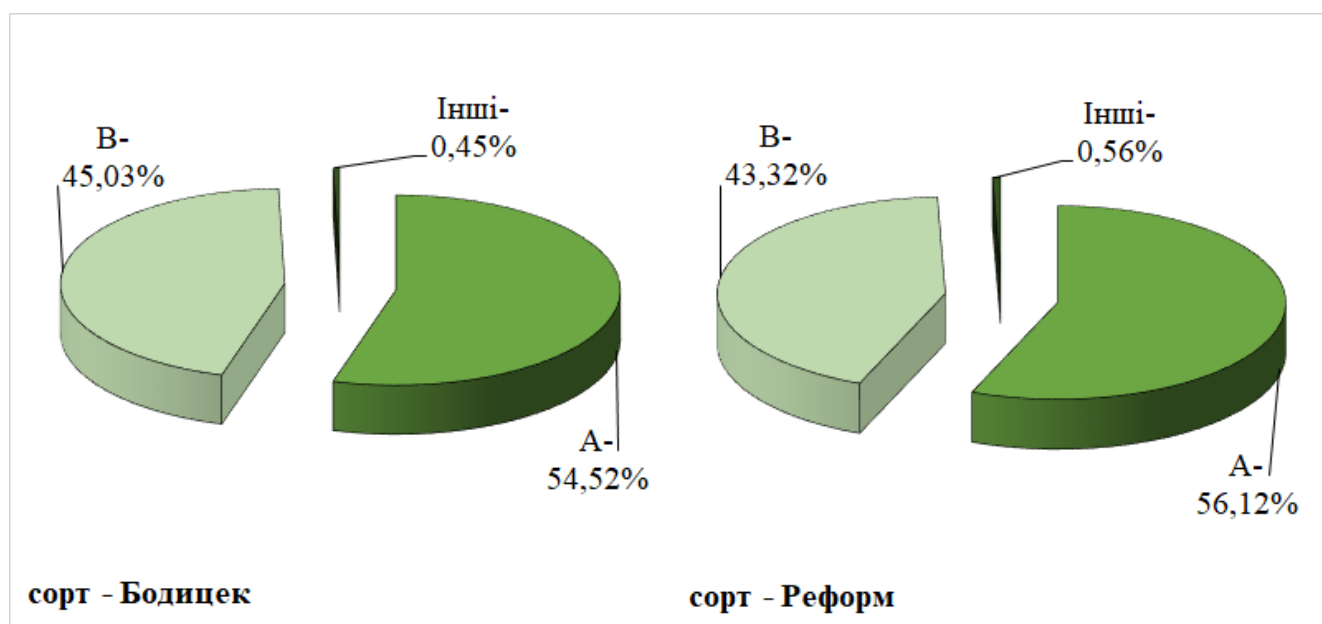
№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	42,14	42,73	***			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	41,43	42,07		***		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	40,41	41,08			***	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	39,53	40,30				***

Істотний вплив на формування досліджуваного елемента продуктивності мали також норми висіву насіння. Зниження густоти посіву сприяло поступовому зростанню маси зернівки. Максимальні показники зафіксовано за норми 300 нас./м²: 42,03 мг у сорту Бодицек та 42,56 мг у сорту Реформ (табл. 4.6). Кожне наступне збільшення норми висіву на 50 нас./м² зумовлювало істотне зниження маси зернівки. Зокрема, за норми 350 нас./м² вона становила 41,32 та 41,98 мг, за 400 нас./м² – 40,55 та 41,27 мг, а за 450 нас./м² – 39,60 та 40,37 мг відповідно для кожного сорту. Математичний аналіз підтвердив вагомість цього чинника, оскільки кожна градація норми висіву сформувала окрему гомогенну групу. Загальна амплітуда коливань показника у діапазоні норм 300–450 нас./м² склала 2,43 мг для сорту Бодицек та 2,19 мг для сорту Реформ.

Результати дисперсійного аналізу свідчать, що вагомість досліджуваних агротехнічних чинників була приблизно однаковою. Частка впливу фактора А (норми внесення мінеральних добрив) на формування маси зернівки становила 54,52% у сорту Бодицек та 56,12% у сорту Реформ (рис. 4.3). Натомість частка фактора В (норми висіву насіння) у загальну дисперсію ознаки складає 45,03% та 43,32% відповідно для зазначених сортів.

**Групування значень показника за масою зернівки в колосі пшениці озимої
залежно від впливу норм висіву насіння за тестом Дункана, мг
(середнє за 2023–2025 рр.)**

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	300	42,03	42,56	***			
2	350	41,32	41,98		***		
3	400	40,55	41,27			***	
4	450	39,60	40,37				***



**Рис. 4.3. Частка впливу факторів на масу зернівки в колосі пшениці озимої
(фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)**

Результати регресійно-кореляційного аналізу підтверджують існування сильних і статистично значущих множинних зв'язків між масою зернівки озимої пшениці, рівнем мінерального живлення та нормами висіву. Для сорту Бодицек коефіцієнт множинної кореляції склав $R_{y.xz}=0,97$ при $F=120$, а для сорту Реформ – $R_{y.xz}=0,97$ при $F=110$. Отриманий коефіцієнт детермінації ($R^2=0,94$) доводить, що 94% змін маси зернівки зумовлено саме досліджуваними агротехнічними

факторами (рис. 4.4).

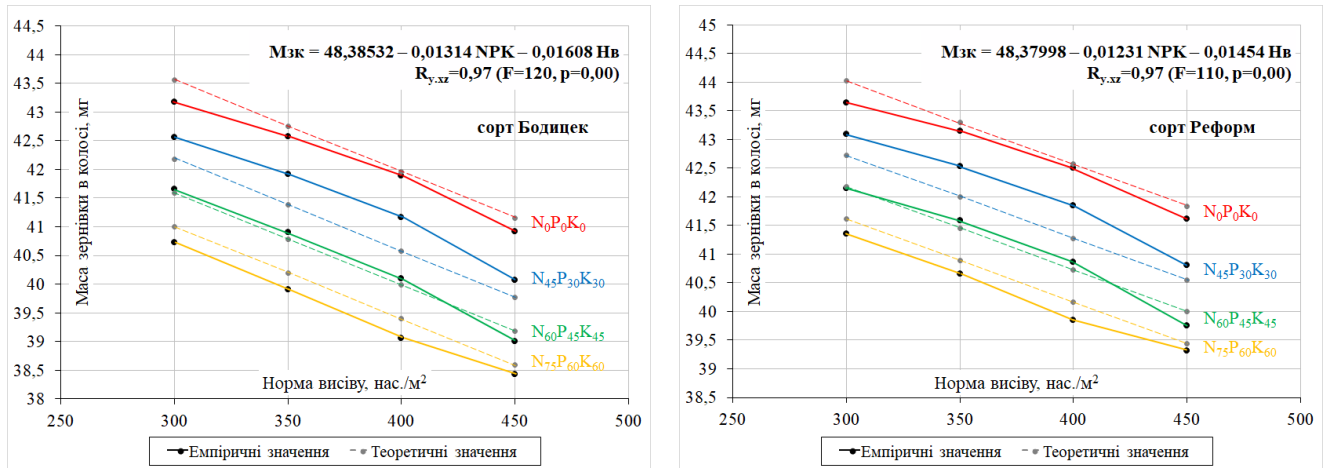


Рис. 4.4. Залежність показника маси зернівки в колосі пшениці озимої від впливу мінеральних добрив та норм висіву

Побудовані рівняння регресії дозволяють прогнозувати динаміку досліджуваної ознаки залежно від зміни окремих чинників. Так, за фіксованого рівня мінерального живлення збільшення норми висіву на кожні 100 нас./м² призведе до зменшення маси зернівки на 1,6 мг у сорту Бодіцек та на 1,4 мг у сорту Реформ. В свою чергу, підвищення норми мінеральних добрив на 45 кг/га д.р. NPK за стабільної норми висіву зумовить зниження маси зернівки пшениці на 0,59 мг та 0,55 мг для зазначених сортів відповідно.

Таким чином, математично доведено високу прогнозованість та надано теоретичне обґрунтування характеру дії норм висіву насіння і норм мінеральних добрив на формування елементів продуктивності культури. Встановлено, що інтенсифікація обох агротехнічних чинників – як збільшення норм висіву, так і підвищення рівнів мінерального живлення – призводить до зниження маси зернівки з колоса озимої пшениці.

Отже встановлено, що маса зернівки колоса пшениці озимої залежала від рівня мінерального живлення та норм висіву насіння. Підвищення норм мінеральних добрив від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ сприяло зменшенню маси зернівки у колосі: у сорту Бодіцек – з 42,14 до 39,53 мг, у сорту Реформ – з 42,73 до 40,30 мг. Аналогічну тенденцію відмічено і за збільшення норм висіву від 300 до 450 нас./м²,

де показник у сорту Бодицек знизився з 42,03 до 39,60 мг, а у сорту Реформ – з 42,56 до 40,37 мг. Визначено, що вплив мінеральних добрив на формування маси зернівки колоса становив 54,52% у сорту Бодицек та 56,12% у сорту Реформ, а норм висіву відповідно 45,03% та 43,32%. Встановлені залежності описуються рівняннями прямолінійної регресії: для сорту Бодицек $M_{zk}^B = 48,38532 - 0,01314 NPK - 0,01608 H_v$, для сорту Реформ $M_{zk}^P = 48,37998 - 0,01231 NPK - 0,01454 H_v$.

4.3. Урожайність зерна пшениці озимої

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є однією з провідних продовольчих зернових культур України, зерно якої широко використовують для виробництва борошна, хлібобулочних, макаронних та інших харчових продуктів. За сучасних умов ведення сільського господарства, що характеризуються змінами клімату, зростанням вартості мінеральних добрив і потребою в ефективному використанні ресурсів, особливого значення набуває вдосконалення технології вирощування пшениці озимої.

Одним із ключових чинників формування високої та стабільної врожайності є оптимізація мінерального живлення рослин і правильний вибір норми висіву насіння. Як недостатнє, так і надмірне внесення добрив, а також невідповідна густота стояння рослин можуть негативно впливати на продуктивність посівів та якість зерна. У зв'язку з цим важливим завданням сучасної агрономічної науки є встановлення оптимального поєднання норм мінеральних добрив і норм висіву насіння, яке забезпечить найповнішу реалізацію продуктивного потенціалу сортів пшениці озимої в певних ґрунтово-кліматичних умовах.

Проблема оптимізації норм внесення мінеральних добрив і вибору норми висіву насіння посідає важливе місце в агрономічних дослідженнях, оскільки саме ці чинники значною мірою визначають формування структури врожаю, рівень реалізації продуктивного потенціалу сортів та економічну доцільність вирощування культури [150, 151]. Багато дослідників зазначають, що реакція рослин пшениці на мінеральне живлення та густоту посіву обумовлюється ґрунтово-кліматичними умовами, біологічними особливостями сорту, а також

елементами технології вирощування, зокрема способами сівби, системою передпосівного обробітку ґрунту та іншими агротехнічними заходами [152].

Мінеральне живлення належить до ключових чинників, які визначають рівень продуктивності рослин. У численних дослідженнях, присвячених ролі азоту, фосфору та калію, зазначається, що азот є основним макроелементом, який забезпечує наростання біомаси та підвищення зернової продуктивності [153, 154]. Водночас фосфор і калій мають важливе значення для розвитку кореневої системи, ефективного відновлення рослин після перезимівлі та формування продуктивних елементів урожаю, зокрема колоса і кількості зерен у ньому [155, 156].

Результати багатьох експериментальних досліджень свідчать, що ефективність застосування азотних і фосфорних добрив значною мірою залежить від рівня родючості ґрунту та попереднього агрохімічного фону. За умов недостатнього забезпечення ґрунту елементами живлення приріст урожайності від внесення додаткових норм азоту й фосфору може бути досить суттєвим, тоді як на високородючих ґрунтах така залежність проявляється менш виражено [157].

Щодо норм висіву насіння, аналіз літературних джерел свідчить про неоднозначний характер отриманих результатів. Зокрема, в умовах помірного та достатнього зволоження збільшення норми висіву, як правило, забезпечує підвищення кількості продуктивних стебел і рівня врожайності зерна за умови незначних втрат рослин у зимовий період. Водночас надмірне загущення посівів посилює конкуренцію між рослинами за світло, вологу та елементи живлення, що може призводити до зменшення маси 1000 зерен і погіршення показників якості зерна, зокрема вмісту білка [158, 159].

Крім того, слід зазначити, що за стресових умов вирощування, таких як посуха, підвищені температури або значна загибель рослин після перезимівлі, вплив норми висіву на формування врожаю може бути менш вираженим порівняно з дією азотного живлення [160]. Таким чином, ефективність застосування певної норми висіву значною мірою визначається її взаємодією з погодними умовами та рівнем мінерального удобрення.

Дослідження, проведені в умовах нестійкого зволоження Правобережного

Лісостепу України, виявили особливості реакції пшениці на густоту стояння рослин. Встановлено, що за норми висіву 4,2 млн шт./га показники елементів структури врожаю були істотно вищими порівняно з нормою 5,0 млн шт./га. Зокрема, довжина колоса збільшувалася на 1,6 см, кількість зернин у колосі – на 12,6 шт., маса зерна з колоса – на 0,55 г, а маса 1000 зерен – на 3,5 г [161].

За даними науковців Т.В. Колібабчук, О.В. Кузьменко, О.І. Зарви та В.В. Любича, у середньому за роки досліджень найвищу врожайність пшениці м'якої озимої отримано за норми висіву 5 млн насінин/га, де вона становила 5,53 т/га [162]. Зменшення норми висіву до 4 млн/га супроводжувалося зниженням урожайності приблизно на 5% порівняно з оптимальним варіантом. Водночас підвищення норми висіву до 8 млн/га також негативно впливало на продуктивність, зумовлюючи зменшення врожайності зерна на 3–5%.

Отже, попри значну кількість досліджень, проведених у сфері технології вирощування зернових культур, залишаються питання, що потребують подальшого вивчення, зумовлені кліматичними змінами, впровадженням нових сортів та іншими чинниками. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває оптимізація норм мінеральних добрив і норм висіву насіння, що є важливими елементами формування продуктивності посівів.

За результатами досліджень встановлено, що середній рівень урожайності зерна пшениці озимої у сорту Бодицек становив 6,12 т/га, тоді як у сорту Реформ – 6,59 т/га. У табл. 4.7 наведено вплив двох технологічних факторів, включених до експерименту, на формування врожайності, який мав неоднаковий характер. У сорту Бодицек за норми висіву 300 шт./м² урожайність зерна становила 4,11 т/га, при 350 шт./м² – 4,28 т/га, при 400 шт./м² – 4,51 т/га, а за висіву 450 шт./м² – 4,61 т/га. У сорту Реформ за відповідних норм висіву отримано такі показники врожайності: 4,54 т/га, 4,72 т/га, 4,95 т/га та 5,09 т/га відповідно.

Застосування мінеральних добрив позитивно вплинуло на рівень урожайності зерна пшениці озимої. Аналіз впливу цього фактора, проведений із використанням тесту Дункана, засвідчив ефективність кожної досліджуваної норми удобрення (табл. 4.8). Для всіх чотирьох варіантів удобрення встановлено

окремі статистичні групи, що підтверджує наявність істотних відмінностей між ними. Найнижчі показники врожайності зафіксовано на контрольному варіанті без внесення добрив.

Таблиця 4.7

**Показник урожайності зерна пшениці озимої залежно від впливу
досліджуваних факторів, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	4,11	4,28	4,51	4,61	4,54	4,72	4,95	5,09
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	5,60	5,65	5,67	5,63	6,11	6,14	6,17	6,16
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,77	6,78	6,83	6,75	7,30	7,29	7,26	7,21
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	7,71	7,72	7,69	7,65	8,10	8,15	8,11	8,09
Середнє по фактору	6,12				6,59			
А	2023 р. – 0,28; 2024 р. – 0,25; 2025 р. – 0,32				2023 р. – 0,24; 2024 р. – 0,30; 2025 р. – 0,26			
НІР _{0,05} В	2023 р. – 0,28; 2024 р. – 0,25; 2025 р. – 0,32				2023 р. – 0,24; 2024 р. – 0,30; 2025 р. – 0,26			
АВ	2023 р. – 0,14; 2024 р. – 0,12; 2025 р. – 0,16				2023 р. – 0,12; 2024 р. – 0,15; 2025 р. – 0,13			

За внесення добрив у нормі N₄₅P₃₀K₃₀ урожайність істотно зросла і становила у сорту Бодицек 5,64 т/га, а у сорту Реформ – 6,15 т/га. Подальше підвищення норми до N₆₀P₄₅K₄₅ забезпечило збільшення показника до 6,78 т/га у сорту Бодицек та 7,26 т/га у сорту Реформ. Максимальні значення врожайності одержано за варіанту удобрення N₇₅P₆₀K₆₀, де у сорту Бодицек вони досягали 7,69 т/га, а у сорту Реформ – 8,11 т/га.

Водночас встановлено, що кожне наступне підвищення норми елементів живлення на 15 кг/га д. р. порівняно з попереднім сприяло подальшому істотному зростанню врожайності, однак ефект поступово зменшувався. Так, приріст урожайності у сорту Бодицек становив 1,26; 1,14 і 0,91 т/га, тоді як у сорту Реформ – 1,33; 1,11 і 0,85 т/га відповідно.

У середньому за 2023–2025 рр. встановлено, що на контрольному варіанті без

внесення мінеральних добрив норма висіву насіння істотно впливала на урожайність зерна пшениці озимої. Підвищення норми висіву на 100 нас./м² супроводжувалося достовірним зростанням продуктивності посівів.

Таблиця 4.8

**Групування даних урожайності зерна пшениці озимої залежно від впливу
норм мінеральних добрив за тестом Дункана, т/га
(середнє за 2023-2025 рр.)**

№	Норма добрив	сорт Бодицек	сорт Реформ	Гомогенні групи			
				1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	4,38	4,82	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	5,64	6,15		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,78	7,26			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	7,69	8,11				****

Так, у 2023 році в сорту Бодицек урожайність за норми висіву 300 нас./м² становила 4,14 т/га, а за 400 нас./м² – 4,53 т/га, що забезпечило істотний приріст на 0,39 т/га (НІР_{0,05}–0,28). Подібна тенденція відзначалася і при порівнянні норм висіву 350 та 450 нас./м², де показники становили відповідно 4,30 та 4,65 т/га, а різниця (0,35 т/га) була статистично достовірною. У сорту Реформ збільшення норми висіву від 300 до 400 нас./м² та від 350 до 450 нас./м² також зумовлювало істотне підвищення врожайності зерна – відповідно на 0,42 і 0,38 т/га (НІР_{0,05}–0,24).

У 2024 році аналогічна закономірність зберігалася. У сорту Бодицек при зіставленні норм висіву 300 і 400 нас./м² урожайність зросла з 3,84 до 4,21 т/га, а між варіантами 350 і 450 нас./м² – з 4,01 до 4,28 т/га. Встановлені прирости (0,37 та 0,27 т/га) були достовірними (НІР_{0,05}–0,25). У сорту Реформ підвищення норми висіву від 300 до 400 нас./м² і від 350 до 450 нас./м² сприяло істотному збільшенню урожайності відповідно на 0,39 та 0,35 т/га (НІР_{0,05}–0,30).

Подібна тенденція спостерігалася і в 2025 році. У сорту Бодицек різниця між нормами висіву 300 та 400 нас./м² становила 0,43 т/га, а між 350 та 450 нас./м² – 0,35 т/га (НІР_{0,05}–0,32). У сорту Реформ урожайність також достовірно зростала:

при порівнянні норм висіву 300 і 400 нас./м² приріст становив 0,41 т/га, а між 350 і 450 нас./м² – 0,36 т/га ($HP_{0,05}=0,26$). Варто зазначити, що така закономірність була характерною саме для контрольного варіанта, де мінеральні добрива не застосовувалися.

На всіх варіантах із застосуванням мінеральних добрив зміна норм висіву насіння не зумовлювала істотного підвищення чи зниження урожайності зерна пшениці озимої. Це підтверджується результатами статистичного аналізу, виконаного за тестом Дункана, згідно з яким отримані показники належали до однієї однорідної групи (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Групування даних урожайності зерна пшениці озимої залежно від впливу норм висіву насіння при внесенні мінеральних добрив за тестом Дункана, т/га (середнє за 2023-2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт Бодицек	сорт Реформ	Гомогенні групи
				1
1	300	6,69	7,17	****
2	350	6,72	7,19	****
3	400	6,73	7,18	****
4	450	6,68	7,15	****

Отже, встановлено чітку залежність рівня урожайності зерна пшениці озимої від норм внесення мінеральних добрив. У середньому по досліді на варіантах $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$ урожайність у сорту Бодицек становила відповідно 4,38; 5,64; 6,78 та 7,69 т/га, тоді як у сорту Реформ – 4,82; 6,15; 7,26 і 8,11 т/га, що свідчить про поступове підвищення продуктивності посівів зі збільшенням норм удобрення.

Виявлено істотний вплив норм висіву насіння на рівень урожайності зерна пшениці озимої на контрольному варіанті без застосування мінеральних добрив. Збільшення норми висіву на 100 нас./м² при порівнянні варіантів 300 і 400 нас./м², а також 350 і 450 нас./м² супроводжувалося підвищенням урожайності: у

середньому в сорту Бодицек – на 0,40 та 0,33 т/га, а у сорту Реформ – на 0,41 та 0,37 т/га відповідно. Водночас на фонах мінерального живлення істотного впливу норм висіву на формування врожайності зерна пшениці озимої не встановлено.

Висновки до розділу 4

Реалізація продуктивності колоса за кількістю зерен пшениці озимої детермінувалося як рівнем мінерального живлення, так і нормою висіву. За інтенсифікації норм добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ відбувається процес зменшення кількості зерен в колосі у сорту Бодицек з 31,77 до 29,92 шт., а у сорту Реформ – з 31,14 до 29,42 шт. Аналогічна динаміка змін спостерігається і при збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 31,99 до 29,58 шт., а у сорту Реформ – з 31,36 до 29,10 шт., відповідно. За таких закономірностей частка впливу норм мінеральних добрив склала 37,01% для сорту Бодицек та 36,51% для сорту Реформ; а норм висіву – 62,27% та 62,78%, відповідно. Форма залежності кількості зерен в колосі пшениці озимої від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{зк}^B = 37,91246 - 0,00923 NPK - 0,01600 Нв$ та у сорту Реформ $K_{зк}^P = 39,91006 - 0,00857 NPK - 0,01502 Нв$.

Реалізація продуктивності колоса за масою зернівки пшениці озимої залежало як від мінерального живлення, так від норм висіву. Інтенсифікація удобрення від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила зменшення маси зернівки в колосі у сорту Бодицек з 42,14 до 39,53 мг, а у сорту Реформ – з 42,73 до 40,30 мг. Аналогічна динаміка спостерігалася при збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 42,03 до 39,60 мг, а у сорту Реформ – з 42,56 до 40,37 мг, відповідно. Частка впливу норм мінеральних добрив склала 54,52% для сорту Бодицек та 56,12% для сорту Реформ; а В норм висіву – 45,03% та 43,32%, відповідно. Форма залежності маси зернівки колоса пшениці озимої від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $M_{зк}^B = 48,38532 - 0,01314 NPK - 0,01608 Нв$ та у сорту Реформ $M_{зк}^P = 48,37998 - 0,01231 NPK - 0,01454 Нв$.

Встановлено залежність рівня урожайності зерна пшениці озимої від норм внесення мінеральних добрив. На варіантах $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$

отримано статистично істотні відмінності середніх показників урожайності, які у сорту Бодицек становили відповідно 4,38; 5,64; 6,78 та 7,69 т/га, а у сорту Реформ – 4,82; 6,15; 7,26 та 8,11 т/га. Водночас за норм висіву 300, 350, 400 і 450 нас./м² істотного впливу цього фактора на формування урожайності зерна пшениці озимої при внесенні мінеральних добрив не встановлено.

Опубліковані праці за розділом 4

1. Климишена Р.І., Свинар М.М. Урожайність зерна пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Зрошуване землеробство*. 2025. Вип. №84. С. 63-67. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2025.84.9>

2. Свинар М.М. Залежність кількості зерен в колосі пшениці озимої від впливу технологічних факторів. *Scientific development in a changing world: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*. 13-15 квітня 2026 р. Львів, 2026. С. 36-39.

РОЗДІЛ 5

ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ

5.1. Натура зерна пшениці озимої

В технології вирощування пшениці озимої важливе значення має не тільки врожайність зерна, але і його показники технологічні, серед яких одне із них місць займає натура зерна. Цей показник характеризує щільність і виповненість зерна, є важливим критерієм оцінки його якості, яка безпосередньо може мати значення для борошномельної властивості, виходу готової продукції та товарної цінності зерна. Відповідно до вимог чинних стандартів, високі показники натури свідчать про добре сформоване зерно та є однією з ознак продовольчої придатності пшениці [163, 164].

Натура зерна залежить від комплексу факторів, серед яких особливе значення мають мінеральне живлення рослин та норма висіву насіння. У науковій літературі відзначається, що вплив мінеральних добрив на цей показник є неоднозначним і значною мірою залежить від рівня живлення та погодних умов вегетації. Більшість досліджень свідчить про позитивний вплив помірних норм добрив на формування цього показника, проте надмірне підвищення доз азоту не завжди забезпечує його подальше зростання. За високих норм азотного живлення можливе зниження натури зерна, особливо за дефіциту вологи в період наливу. Крім того, інтенсивне наростання вегетативної маси рослин може посилювати конкуренцію за ресурси середовища, що негативно впливає на щільність і вирівняність зерна. Тому для формування високої натури зерна важливим є не максимальний, а оптимальний рівень мінерального живлення рослин [165].

Не менш важливим технологічним чинником є норма висіву насіння, яка визначає густоту стояння рослин та рівень внутрішньовидової конкуренції в агроценозі. За надмірного загущення посівів погіршуються умови освітлення та забезпечення рослин вологою й елементами живлення, що може негативно позначатися на формуванні повноцінного зерна. Водночас недостатня густота

посіву не завжди забезпечує максимально ефективне використання ресурсів середовища. За даними наукових досліджень, найвищі показники натури зерна пшениці озимої формуються за оптимальних норм висіву, тоді як надмірне їх збільшення призводить до зниження цього показника [166].

У сучасних умовах ведення землеробства особливої актуальності набуває визначення оптимального поєднання норм мінеральних добрив і норм висіву насіння, що забезпечуватиме не лише високу врожайність, а й формування зерна з високими технологічними показниками. Тому дослідження впливу технологічних факторів на натуру зерна пшениці озимої є важливим науковим і практичним завданням для вдосконалення елементів технології вирощування культури та підвищення якості отриманої продукції [163, 166].

Науково доведено, що норми висіву та внесення мінеральних добрив безпосередньо впливають на натуру зерна озимої пшениці. Зокрема, у сорту Бодицек фіксували коливання цього параметра від 745,4 до 771,6 г/л, а для сорту Реформ – у діапазоні 743,3–769,8 г/л (табл. 5.1). Середні показники по досліді склали 760,1 та 758,1 г/л відповідно.

Таблиця 5.1

Показники натури зерна пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння, г/л (середнє за 2023-2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	765,0	770,9	771,6	768,2	762,4	768,8	769,8	765,9
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	759,5	765,7	766,6	762,9	757,1	763,8	764,8	760,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	753,5	760,0	761,1	757,0	751,2	758,1	759,4	754,9
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	745,4	752,2	753,4	749,1	743,3	750,5	751,9	747,2
Середнє	760,1				758,1			

Оптимізація мінерального живлення призвела до помітного зниження натури зерна. Зокрема, за умов внесення N₄₅P₃₀K₃₀ та густоти посіву 300, 350, 400 і 450

нас./м² середні значення сорту Бодицек становили відповідно 759,5; 765,7; 766,6 та 762,9 г/л. У сорту Реформ за аналогічних умов ці цифри становили 757,1; 763,8; 764,8 та 760,7 г/л, що виявилось нижче за контроль на 5,0–5,5 г/л. Наступне внесення добрив до рівня N₆₀P₄₅K₄₅ зумовило подальше зниження натур: порівняно з попереднім фоном вона зменшилася на 5,5–6,0 г/л у сорту Бодицек та на 5,4–5,9 г/л у сорту Реформ. Найменші показники зафіксували на фоні N₇₅P₆₀K₆₀, де зниження показника щодо варіанта N₆₀P₄₅K₄₅ становило ще 7,5–8,1 г/л, залежно від генотипу та густоти висіву. Проте за умов сівби 300 і 350 нас./м² отримана натура зерна задовольняла критерії другого класу згідно з ДСТУ 3768:2019. Зокрема, у сорту Бодицек цей параметр становив 752,2 та 753,4 г/л, а в сорту Реформ – 750,5 і 751,9 г/л.

Математична обробка даних за методом головних ефектів продемонструвала, що найвищі параметри натур зерна характерні для контролю. У цьому варіанті сорт Бодицек сформував 768,9 г/л, а сорт Реформ – 766,7 г/л (табл. 5.2, рис. 5.1).

Таблиця 5.2

Групування значень показника натур зерна пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, г/л (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	768,9	766,7	***			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	763,7	761,6		***		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	757,9	755,9			***	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	750,0	748,2				***

Натомість внесення норми мінерального живлення N₄₅P₃₀K₃₀ викликала суттєве зменшення значень до 763,7 та 761,6 г/л відповідно до генотипу. Наступне збільшення кількості добрив до N₆₀P₄₅K₄₅ також призвело до зниження показників сорту Бодицек до 757,9 г/л, а сорту Реформ – до 755,9 г/л. Найнижчий рівень натур зафіксували на фоні максимального насичення N₇₅P₆₀K₆₀, де результати становили 750,0 г/л для сорту Бодицек та 748,2 г/л для сорту Реформ.

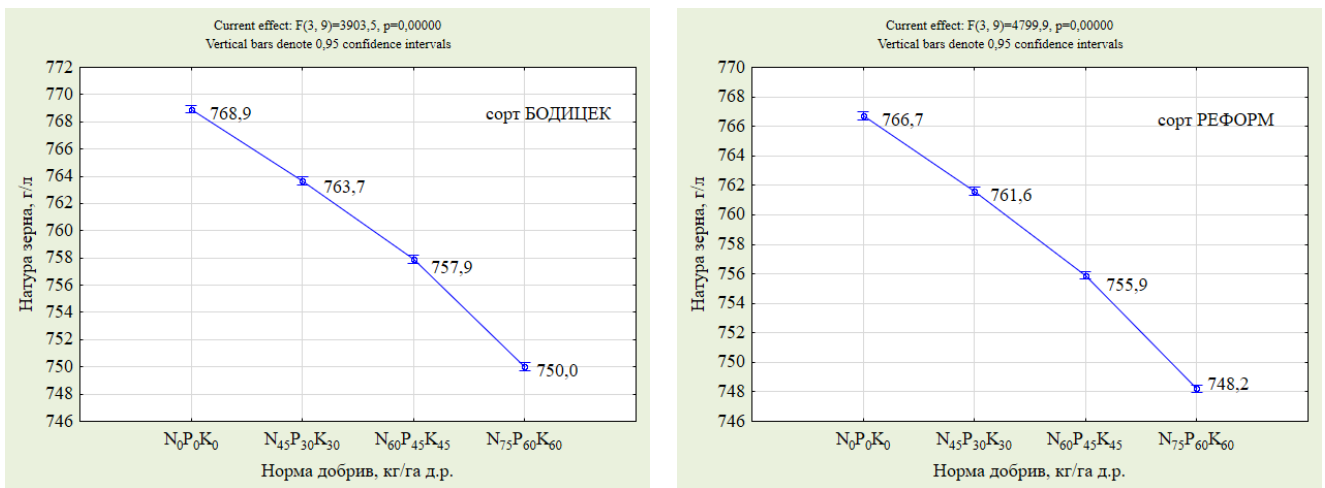


Рис. 5.1. Диференціація натури зерна пшениці озимої залежно від мінерального живлення за тестом Дункана

Поряд із оптимізацією живлення, структура посіву та норми висіву насіння виступають ключовими чинниками моделювання якісних характеристик зерна пшениці озимої. Збалансована густота агрофітоценозу є базовою вимогою для розкриття біологічного потенціалу сортів і отримання кондиційного зерна. Математична верифікація за критерієм Дункана довела високу значущість впливу норм висіву на натуру зерна (табл. 5.3, рис. 5.2).

Таблиця 5.3

Групування значень показника натури зерна пшениці озимої залежно від впливу норм висіву насіння за тестом Дункана, г/л (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Гомогенні групи		
		Бодицек	Реформ	1	2	3
1	300	755,9	753,5	***		
2	350	762,2	760,3		***	
3	400	763,2	761,5		***	
4	450	759,3	757,2			***

Пікові рівні ознаки, об'єднані в один гомогенний кластер, забезпечили варіанти з густотою 350 та 400 нас./м²: 762,2 і 763,2 г/л для сорту Бодицек та 760,3 і 761,5 г/л для сорту Реформ. Загущення посівів до 450 нас./м² викликало достовірне

зниження натури до 759,3 та 757,2 г/л відповідно до генотипу. Найнижчі параметри зафіксували за мінімального висіву 300 нас./м², де натура становила 755,9 г/л у Бодицек та 753,5 г/л у Реформ.

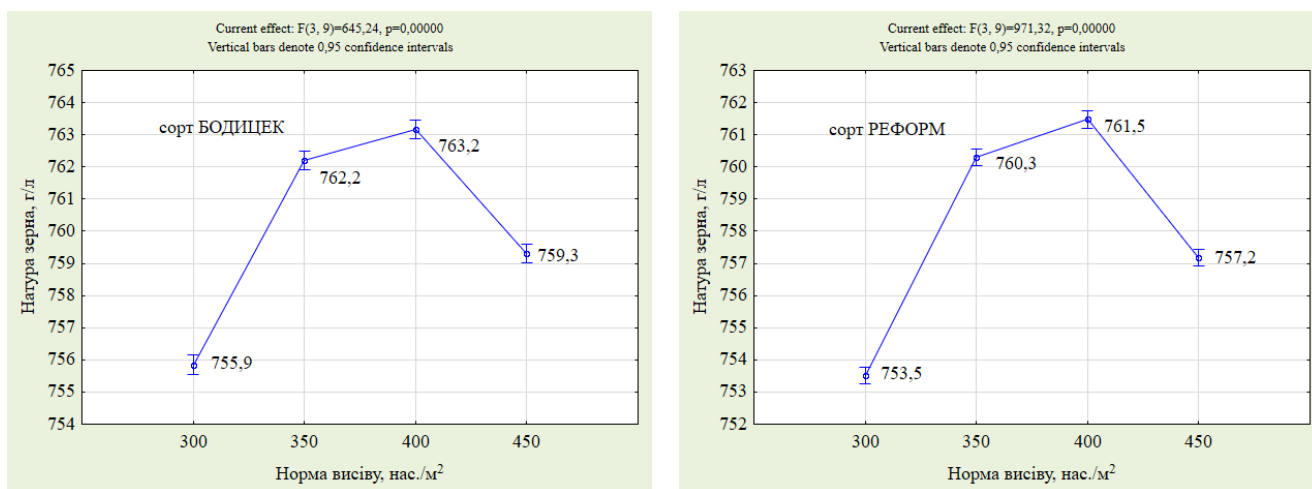


Рис. 5.2. Диференціація натури зерна пшениці озимої залежно від норм висіву за тестом Дункана

Математична верифікація за допомогою дисперсійного аналізу довела високу достовірність впливу досліджуваних чинників на формування натури зерна (рис. 5.3). Встановлено, що в структурі загального варіювання ознаки у сорту Бодицек частка мінеральних добрив сягала 85,75%, тоді як на норми висіву припадало 14,14%. Схожий розподіл сили дії факторів відзначено й для сорту Реформ, де зазначені показники становили 83,08% та 16,81%, відповідно.

Отже, узагальнюючи результати проведених експериментів, варто підкреслити домінантне значення умов мінерального живлення за впливом на якісні характеристики зерна пшениці озимої. Збільшення норм мінеральних добрив від N₄₅P₃₀K₃₀ до N₆₀P₄₅K₄₅ та N₇₅P₆₀K₆₀ супроводжувалося зниженням натури зерна 763,7; 757,9; 750,0 г/л у сорту Бодицек та 761,6; 755,9; 748,2 г/л у сорту Реформ.

Одночасно доведено істотну залежність цього параметра від норм висіву насіння. Максимальну натуру сформували агроценози за норм висіву 350 і 400 нас./м²: 762,2 і 763,2 г/л вона становила для сорту Бодицек та 760,3 і 761,5 г/л – для сорту Реформ.

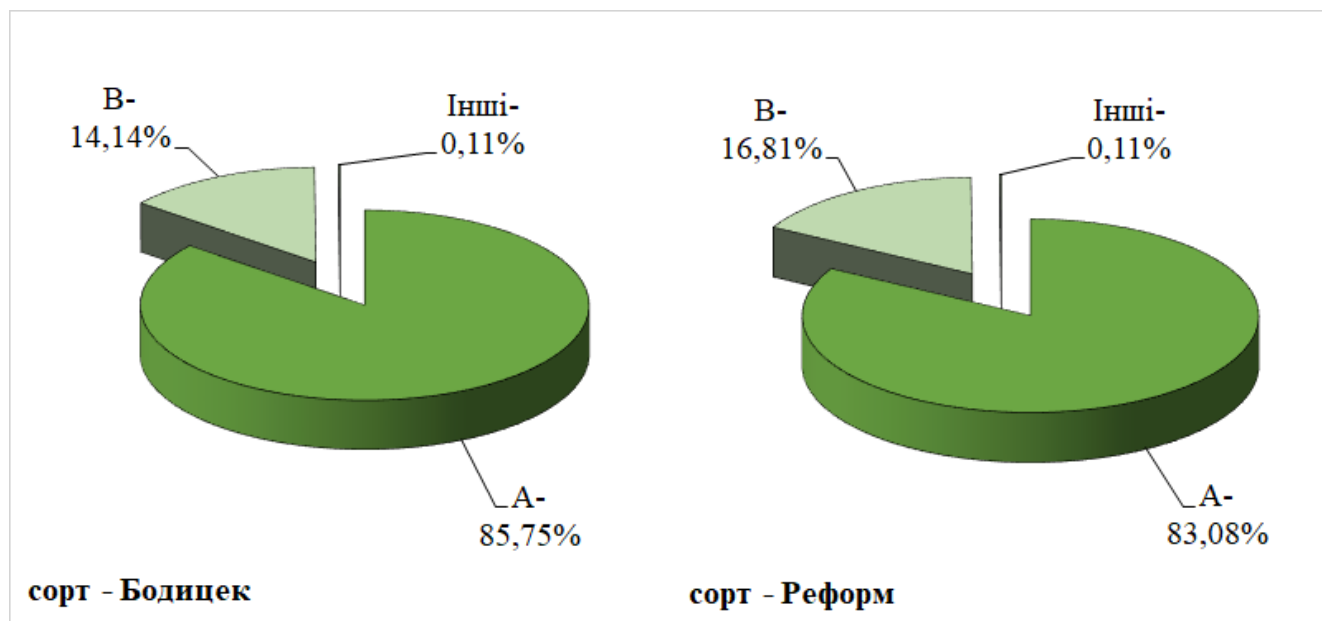


Рис. 5.3. Частка впливу факторів на натуру зерна пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

За результатами оцінювання сили дії чинників, ключова роль належала мінеральним добривам 85,75% та 83,08% у сортів Бодицек та Реформ, тоді як оптимізація густоти стояння рослин мала менший, але статистично значущий вплив 14,14% та 16,81%.

5.2. Вміст білка в зерні пшениці озимої

Вміст білка в зерні пшениці озимої є одним із основних показників якості, який визначає його харчову, технологічну та хлібопекарську цінність. Високий рівень білка забезпечує покращення фізико-хімічних властивостей зерна, підвищує якість клейковини та безпосередньо впливає на придатність зерна для виробництва борошна і хлібобулочних виробів. У сучасних умовах ведення землеробства важливим завданням є не лише підвищення врожайності пшениці озимої, а й забезпечення формування високоякісного зерна з оптимальним вмістом білка.

Одним із найважливіших чинників, що впливає на накопичення білкових речовин у зерні, є мінеральне удобрення рослин. Особливу роль у цьому процесі відіграє азот, який входить до складу амінокислот і білків. За даними Г.М. Господаренка, О.Д. Черно, В.П. Бойка та О.Ю. Стасіневич, застосування

мінеральних добрив сприяє покращенню показників якості зерна пшениці озимої, зокрема підвищенню вмісту білка та клейковини [165]. Аналогічні результати отримала І.В. Смірнова, яка встановила залежність вмісту білка в зерні сортів пшениці озимої від умов мінерального живлення [167].

Важливе значення для формування якісних показників зерна має також густота стояння рослин, яка регулюється нормою висіву насіння. Від оптимальної густоти посіву залежить рівень забезпечення рослин світлом, вологою та елементами живлення, що впливає на інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів і накопичення білка в зерні. За результатами досліджень Т.В. Колібабчук, О.В. Кузьменко, О.І. Зарви та В.В. Любича встановлено, що зміна норм висіву суттєво впливає на якість зерна пшениці озимої та показники його білково-клейковинного комплексу [166].

Отже, вміст білка в зерні пшениці озимої формується під комплексним впливом технологічних факторів, серед яких провідне місце належить мінеральним добривам та нормам висіву насіння. Встановлення оптимального поєднання цих елементів технології вирощування є важливою передумовою одержання високих урожаїв зерна з підвищеними показниками якості, що обумовлює актуальність проведення відповідних наукових досліджень.

Результати досліджень засвідчили, що вміст білка в зерні пшениці озимої суттєво залежав від норм висіву насіння та рівня мінерального живлення. У сорту Бодицек значення цього показника змінювалися від 11,3 до 14,6%, а у сорту Реформ – від 11,0 до 14,3% (табл. 5.4). У середньому за варіантами досліду вміст білка становив 13,3% у сорту Бодицек та 12,9% у сорту Реформ. Збільшення рівня мінерального живлення сприяло достовірному підвищенню вмісту білка в зерні пшениці озимої. Так, за внесення добрив у нормі $N_{45}P_{30}K_{30}$ та норм висіву 300, 350, 400 і 450 нас./м² середній вміст білка у сорту Бодицек становив відповідно 12,4; 13,3; 13,5 і 12,9%, а у сорту Реформ – 12,1; 13,0; 13,1 і 12,6%, що було на 0,9–1,1% вище порівняно з контролем. Подальше підвищення норми добрив до $N_{60}P_{45}K_{45}$ забезпечило зростання показника до 13,3–14,1% у сорту Бодицек та до 12,8–13,8% у сорту Реформ. Найвищий вміст білка відзначено за рівня мінерального живлення

$N_{75}P_{60}K_{60}$, де порівняно з варіантом $N_{60}P_{45}K_{45}$ показник додатково зріс на 0,4–0,6% залежно від сорту та норми висіву насіння.

Таблиця 5.4

Показники вмісту білка в зерні пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння, % (середнє за 2023-2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	11,3	12,3	12,4	11,8	11,0	12,0	12,2	11,5
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	12,4	13,3	13,5	12,9	12,1	13,0	13,1	12,6
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13,3	14,0	14,1	13,7	12,8	13,7	13,8	13,3
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	13,8	14,5	14,6	14,2	13,4	14,1	14,3	13,8
Середнє	13,3				12,9			

За результатами статистичного аналізу, проведеного методом головних ефектів, найнижчий вміст білка в зерні відзначено на неудобреному варіанті, де він становив 11,9% у сорту Бодицек та 11,7% у сорту Реформ (табл. 5.5, рис. 5.4).

Таблиця 5.5

Групування значень показника за вмістом білка в зерні пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, % (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	$N_0P_0K_0$	11,9	11,7	***			
2	$N_{45}P_{30}K_{30}$	13,0	12,7		***		
3	$N_{60}P_{45}K_{45}$	13,8	13,4			***	
4	$N_{75}P_{60}K_{60}$	14,3	13,9				***

Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{30}K_{30}$ забезпечило достовірне підвищення цього показника до 13,0% і 12,7% відповідно. Подальше зростання рівня мінерального живлення до $N_{60}P_{45}K_{45}$ сприяло збільшенню вмісту білка до

13,8% у сорту Бодицек та 13,4% у сорту Реформ. Найвищі значення показника отримано за внесення добрив у нормі $N_{75}P_{60}K_{60}$, за якої вміст білка досягав 14,3% у сорту Бодицек і 13,9% у сорту Реформ.

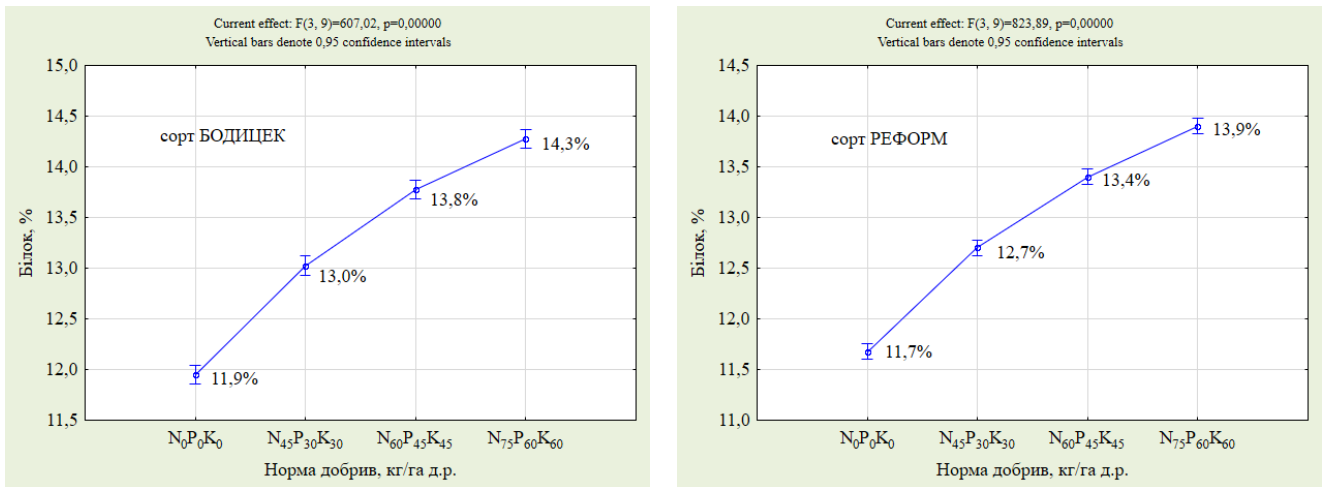


Рис. 5.4. Диференціація вмісту білка в зерні пшениці озимої залежно від мінерального живлення за тестом Дункана

Окрім рівня мінерального живлення, важливу роль у забезпеченні якості зерна пшениці озимої відіграє норма висіву насіння. Рациональне регулювання густоти посіву є однією з ключових передумов ефективної реалізації продуктивного потенціалу культури та одержання зерна високої якості. Результати статистичного аналізу за тестом Дункана засвідчили достовірний вплив норм висіву на вміст білка в зерні (табл. 5.6, рис. 5.5).

Таблиця 5.6

Групування значень показника за вмістом білка в зерні пшениці озимої залежно від впливу норм висіву насіння за тестом Дункана, % (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Гомогенні групи		
		Бодицек	Реформ	1	2	3
1	300	12,7	12,3	***		
2	350	13,5	13,2		***	
3	400	13,6	13,4		***	
4	450	13,2	12,8			***

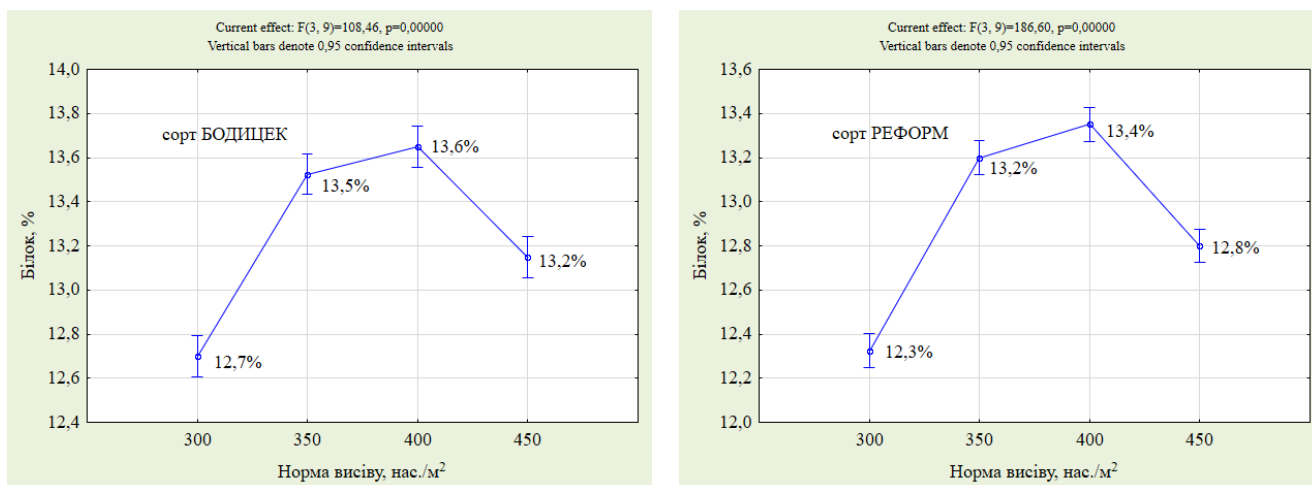


Рис. 5.5. Диференціація вмісту білка в зерні пшениці озимої залежно від норм висіву за тестом Дункана

Найвищі значення показника, які належали до однієї статистично однорідної групи, сформувалися за норм висіву 350 і 400 нас./м² та становили відповідно 13,5 і 13,6% у сорту Бодицек та 13,2 і 13,4% у сорту Реформ. Підвищення норми висіву до 450 нас./м² зумовлювало достовірне зменшення вмісту білка до 13,2% у сорту Бодицек і 12,8% у сорту Реформ. Найнижчі значення показника отримано за норми висіву 300 нас./м², де вміст білка становив 12,7% у сорту Бодицек та 12,3% у сорту Реформ.

Математична обробка даних довела, що досліджувані чинники суттєво змінювали вміст білка (рис. 5.6), причому мінеральні добрива суттєво переважають за силою впливу. Так, у сорту Бодицек 84,48% належало мінеральному удобренню, тоді як на густоту посіву припало лише 15,10%. Для сорту Реформ встановлена схожа закономірність: 81,29% змін забезпечили добрива, а норми висіву сформували лише 18,41%.

Узагальнення результатів експерименту засвідчує вагому роль мінерального живлення у продукуванні високоякісного зерна озимої пшениці. Покрокове підвищення норм мінеральних добрив від мінімальної $N_{45}P_{30}K_{30}$ до максимальної $N_{75}P_{60}K_{60}$ зумовило поступове накопичення білкових сполук в обох сортів. У сорту Бодицек цей показник зростав від 13,0% до 13,8% та 14,3%. Сорт Реформ продемонстрував аналогічну динаміку, де аналогічні норми удобрення забезпечили

вміст білка від 12,7% до 13,4% та 13,9%, відповідно.

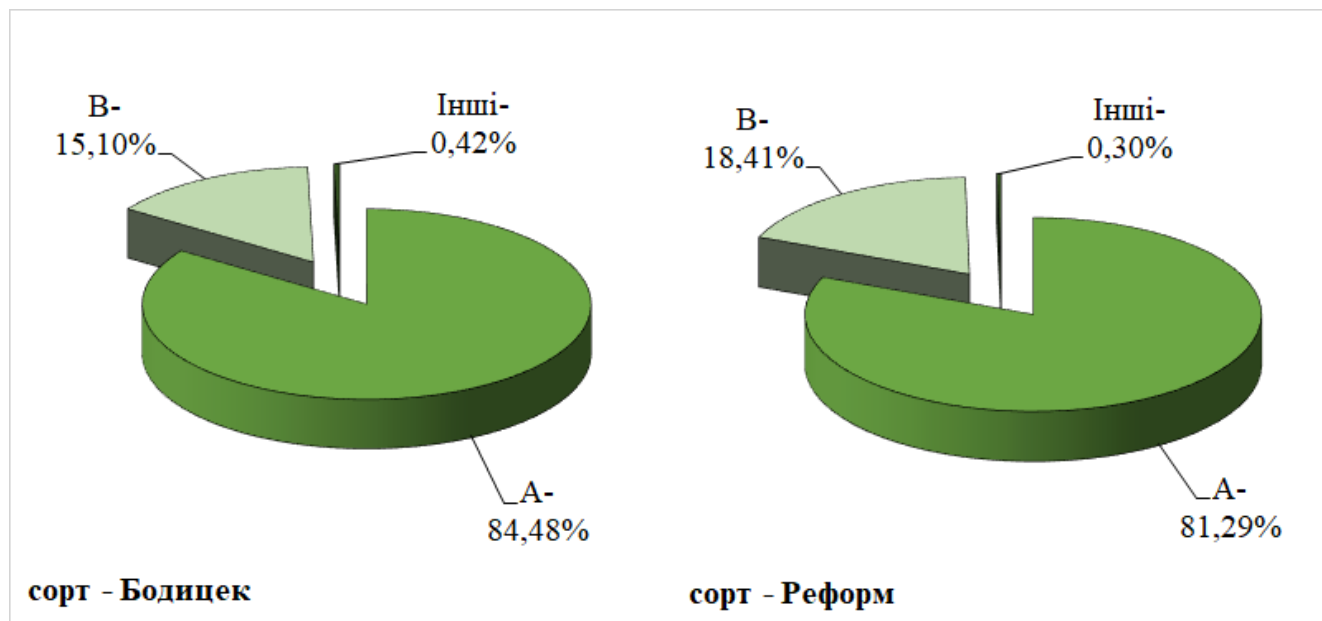


Рис. 5.6. Частка впливу факторів на натуру зерна пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

Експериментально підтверджено також залежність білковості зерна від густоти посіву озимої пшениці. Максимальних значень цей показник досягав за використання норм 350 та 400 насінин на квадратний метр. За таких умов у сорту Бодицек вміст білка в зерні становив відповідно 13,5% та 13,6%. Для сорту Реформ зафіксували схожі результати – 13,2% та 13,4% для кожної з норм висіву.

У структурі загального впливу беззаперечне лідерство належало мінеральним добривам, які зумовили 84,48% змін показника у сорту Бодицек та 81,29% – у сорту Реформ. Натомість вага норм висіву виявилася значно меншою і становила для цих же сортів 15,10% та 18,41% відповідно.

5.3. Вміст клейковини в зерні пшениці озимої

Вміст клейковини в зерні пшениці озимої визначає її хлібопекарські властивості та ринкову цінність [168, 169]. В умовах інтенсифікації агровиробництва та кліматичних змін особливої ваги набуває вдосконалення технологічних прийомів, зокрема оптимізація мінерального живлення та норм висіву насіння, що безпосередньо впливають на метаболізм рослин і білковий

комплекс зернівки. Недоліки при застосуванні добрив або неоптимальна густота посіву часто стають причинами зниження якості врожаю. Попри наявність численних досліджень, питання сумісної дії цих факторів на накопичення клейковини за сучасних умов залишається дискусійним. Це обумовлює необхідність комплексного вивчення закономірностей впливу норм мінеральних добрив і норм висіву на формування якісних показників зерна пшениці озимої.

Формування якості зерна пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) зумовлено комплексною взаємодією генетичного потенціалу сорту, агротехнічних заходів та екологічних умов. Важливим критерієм оцінки хлібопекарських властивостей борошна є вміст клейковини – специфічного білкового комплексу, представленого гліадінами та глютенінами [166, 170]. Саме їхнє співвідношення детермінує в'язко-еластичні властивості тіста та його газоутримувальну здатність, що є критичним для структури готових виробів. Залежно від інтенсивності агротехнологій та впливу зовнішнього середовища, концентрація клейковини піддається значній варіабельності, досягаючи в окремих випадках до 58% (сирої) та 28% (сухої).

Питання впливу мінерального живлення на якісні характеристики пшениці, передусім на вміст білка та клейковини, висвітлено у численних наукових працях. Оптимізація живлення у критичні фази формування зернівки забезпечує рослини необхідними мезо- та мікроелементами, що активізує синтез білкових фракцій. Це зумовлює не лише підвищення клейковини, а й суттєве покращення технологічних властивостей зерна.

Особливу увагу науковці приділяють азотному живленню, яке не лише підвищує загальну білковість зерна, а й має пряму кореляцію із збільшенням вмісту клейковини. Встановлено, що стратегічно важливим є підживлення у фазу кушіння, яке суттєво активізує синтез білкових фракцій [171]. Водночас ефективність добрив залежить від їхньої збалансованості: оптимізація співвідношення азоту та калію дозволяє підвищити вміст сирої клейковини майже вдвічі порівняно з неodobреними варіантами (з 13,0% до 25,2%), що підтверджує визначальну роль мінерального фону в управлінні якістю врожаю [172].

Поряд із живленням, структуру посіву та густоту стояння рослин визначає норма висіву насіння, вплив якої на якісні показники залишається предметом наукових дискусій. Цей технологічний чинник безпосередньо регулює рівень міжрослинної конкуренції за ресурси інсоляції, вологозабезпечення та елементи живлення. У результаті відбувається модифікація процесів асиміляції та перерозподілу азотистих сполук, що безпосередньо позначається на фінальному вмісті білка та клейковини в зернівці [173].

Попри обмежену кількість цілеспрямованих досліджень впливу густоти посіву на вміст клейковини, наявні дані вказують на опосередкований зв'язок між структурою посіву та якістю зерна через трансформацію мікроклімату й умов живлення. Зокрема, існують свідчення про зростання вмісту клейковини за підвищення норм висіву до 650 нас./м² [174], а також про поліпшення показників міцності тіста в умовах загушення посівів [175]. Проте ефективність таких заходів значною мірою детермінована синергією сортових особливостей та фону азотного живлення. Таким чином, брак комплексних рекомендацій щодо оптимізації поєднання доз добрив і норм висіву в різних еколого-географічних зонах зумовлює актуальність подальшого вивчення цієї проблеми.

Дослідженнями підтверджено залежність вмісту клейковини в зерні озимої пшениці від норм висіву та мінерального живлення. У сорту Бодицек цей показник варіював у межах від 26,4% до 29,0%, тоді як у сорту Реформ – від 25,9% до 28,7% (табл. 5.7).

Середні значення по досліді становили 27,9% та 27,5% відповідно. Підвищення норм мінерального живлення забезпечило істотне зростання вмісту клейковини в зерні. Зокрема, на фоні N₄₅P₃₀K₃₀ при нормах висіву 300, 350, 400 та 450 нас./м² середні показники у сорту Бодицек становили відповідно 27,3; 27,9; 28,1 та 27,5%, у сорту Реформ – 26,9; 27,5; 27,7 та 27,1%, що перевищило контроль на 0,9–1,0%. Збільшення норми добрив до N₆₀P₄₅K₄₅ сприяло подальшому накопиченню клейковини: приріст відносно попереднього варіанта склав 0,6–0,7% для сорту Бодицек та 0,7–0,9% для сорту Реформ. Максимальні значення зафіксовано за норми N₇₅P₆₀K₆₀, де приріст порівняно з попереднім варіантом

$N_{60}P_{45}K_{45}$ становив ще 0,3–0,4% залежно від сорту та норми висіву.

Таблиця 5.7

Показники вмісту клейковини в зерні пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Бодицек				сорт Реформ			
	норма висіву, нас./м ²							
	300	350	400	450	300	350	400	450
N ₀ P ₀ K ₀	26,4	27,0	27,1	26,6	25,9	26,6	26,7	26,1
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	27,3	27,9	28,1	27,5	26,9	27,5	27,7	27,1
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	28,0	28,6	28,7	28,2	27,7	28,2	28,4	28,0
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	28,4	28,9	29,0	28,6	28,1	28,6	28,7	28,3
Середнє	27,9				27,5			

Згідно з результатами статистичного аналізу за методом головних ефектів, мінімальний вміст клейковини зафіксовано на контрольному варіанті: 26,8% у сорту Бодицек та 26,3% у сорту Реформ (табл. 5.8, рис. 5.7).

Таблиця 5.8

Групування значень показника за вмістом клейковини в зерні пшениці озимої залежно від впливу мінеральних добрив за тестом Дункана, % (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	сорт		Гомогенні групи			
		Бодицек	Реформ	1	2	3	4
1	$N_0P_0K_0$	26,8	26,3	***			
2	$N_{45}P_{30}K_{30}$	27,7	27,3		***		
3	$N_{60}P_{45}K_{45}$	28,4	28,1			***	
4	$N_{75}P_{60}K_{60}$	28,7	28,4				***

Застосування мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{30}K_{30}$ зумовило істотне зростання показника – до 27,7% та 27,3% відповідно за сортами. Подальша інтенсифікація живлення до норми $N_{60}P_{45}K_{45}$ сприяла накопиченню клейковини до рівня 28,4% у сорту Бодицек та 28,1% у сорту Реформ. Максимальні значення

показника забезпечило внесення добрив у нормі $N_{75}P_{60}K_{60}$, де вміст клейковини сягнув 28,7% та 28,4% відповідно.

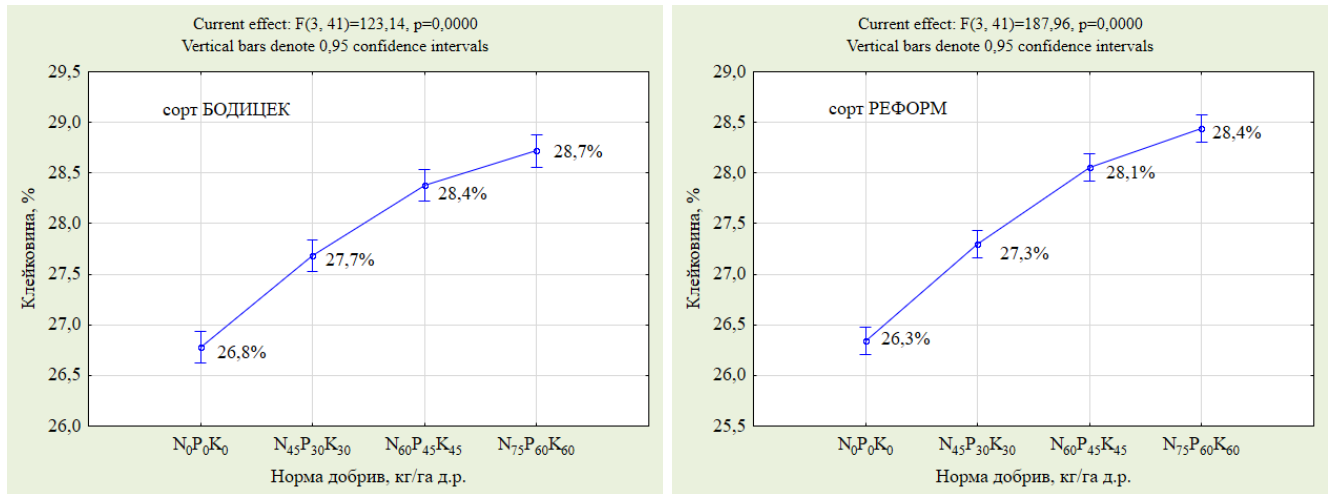


Рис. 5.7. Диференціація вмісту клейковини в зерні пшениці озимої залежно від мінерального живлення за тестом Дункана

Поряд із мінеральним живленням, вагомим чинником формування якості зерна пшениці озимої є норми висіву насіння. Оптимізація густоти стояння рослин є стратегічно важливою умовою для максимальної реалізації потенціалу культури та отримання високоякісної продукції. Статистичне оцінювання за тестом Дункана підтвердило значущий вплив норм висіву на вміст клейковини в зерні (табл. 5.9, рис. 5.8).

Таблиця 5.9

Групування значень показника за вмістом клейковини в зерні пшениці озимої залежно від впливу норм висіву насіння за тестом Дункана, % (середнє за 2023–2025 рр.)

№	Норма висіву, нас./м ²	сорт		Гомогенні групи		
		Бодицек	Реформ	1	2	3
1	300	27,5	27,1	***		
2	350	28,1	27,7		***	
3	400	28,2	27,9		***	
4	450	27,7	27,4			***

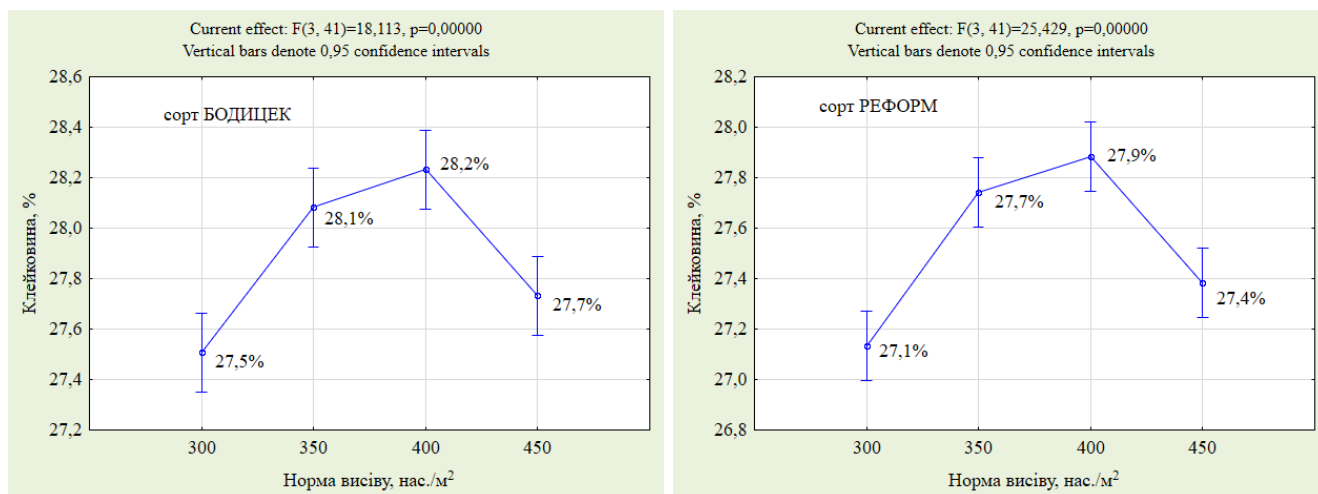


Рис. 5.8. Диференціація вмісту клейковини в зерні пшениці озимої залежно від норм висіву за тестом Дункана

Найвищі показники, що формували одну гомогенну групу, зафіксовано за густоти 350 та 400 нас./м²: 28,1% та 28,2% у сорту Бодицек та 27,7% та 27,9% у сорту Реформ. Збільшення норми висіву до 450 нас./м² призводило до статистично значущого зниження вмісту клейковини – до 27,7% та 27,4% залежно від сорту. І суттєво найменші значення показника отримано при густоті 300 нас./м²: 27,5% – у сорту Бодицек та 27,1% – у Реформ.

Результати дисперсійного аналізу підтвердили статистичну значущість впливу досліджуваних факторів на вміст клейковини (рис. 5.9). Частка впливу мінеральних добрив у сорту Бодицек склала 87,28%, а норм висіву – 12,52%. У сорту Реформ спостерігалася аналогічна тенденція: 88,60% та 11,06% відповідно.

Підсумовуючи результати досліджень, слід зазначити суттєву роль мінерального живлення у формуванні якості зерна озимої пшениці. Застосування добрив у нормах $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечило поступове зростання вмісту клейковини 27,7; 28,4; 28,7% – у сорту Бодицек та 27,3; 28,1; 28,4% – у сорту Реформ.

Доведено також вплив норми висіву на вміст клейковини в зерні пшениці озимої. Найвищі значення показника отримано за норм висіву 350 та 400 нас./м²: 28,1% та 28,2% у сорту Бодицек, а також 27,7% та 27,9% у сорту Реформ.

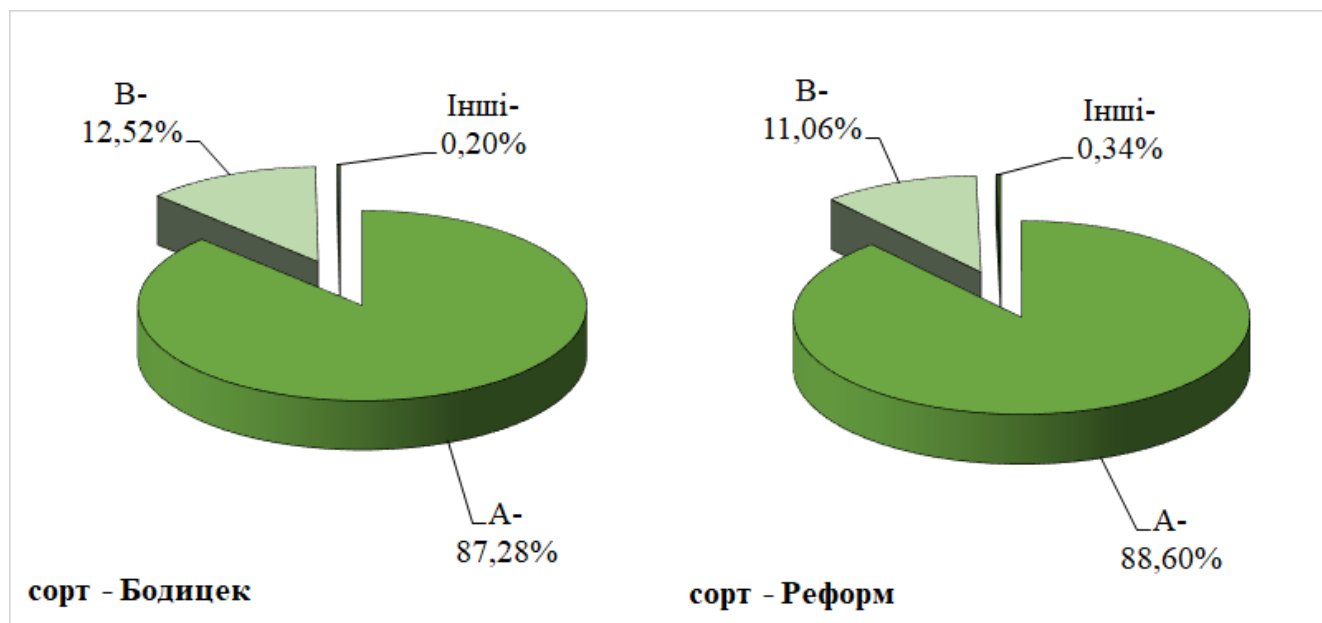


Рис. 5.9. Частка впливу факторів на вміст клейковини в зерні пшениці озимої (фактор А – мінеральні добрива, фактор В – норми висіву)

Частка впливу більшою була для фактора мінеральних добрив і становила 87,28% та 88,60% у сортів Бодицек та Реформ, а для фактора норм висіву – 12,52% та 11,06%, відповідно.

Висновки до розділу 5

Технологічна якість за показником натурності зерна пшениці озимої залежить як від рівня мінерального живлення, так і від норми висіву насіння. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила зменшення натурності зерна у сорту Бодицек з 768,9 до 750,0 г/л, а у сорту Реформ – з 766,7 до 748,2 г/л. Максимальну натурність зерна отримано при нормах висіву 350 і 400 нас./м²: для сорту Бодицек вона становила 762,2 та 763,2 г/л, а для сорту Реформ – 760,3 і 761,5 г/л. Частка впливу норм мінеральних добрив склала 85,75% для сорту Бодицек та 83,08% для сорту Реформ; норм висіву – 14,14% та 16,81%, відповідно.

Біохімічна якість зерна пшениці озимої за показником вмісту білка залежала як від мінеральних добрив, так і від норм висіву. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню вмісту білка в зерні сорту Бодицек з 11,9 до 14,3%, а у сорту Реформ – з 11,7 до 13,9%. Максимальних значень цей показник досягнув при нормах 350 та 400 насінин на 1 м²: у сорту Бодицек –

13,5% та 13,6%, у сорту Реформ – 13,2% та 13,4%. Частка впливу норм мінеральних добрив склала 84,48% для сорту Бодицек та 81,29% для сорту Реформ; норм висіву – 15,10% та 18,41%, відповідно.

Біохімічна якість зерна пшениці озимої за показником вмісту клейковини залежала як від мінеральних добрив, так і від норм висіву. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню вмісту клейковини в зерні сорту Бодицек з 26,8 до 28,7%, а у сорту Реформ – з 26,3 до 28,4%. Максимальних значень цей показник досягнув при нормах висіву 350 та 400 насінин на 1 м^2 : у сорту Бодицек – 28,1% та 28,2%, у сорту Реформ – 27,7% та 27,9%. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 87,28% для сорту Бодицек та 88,60% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 12,52% та 11,06%, відповідно.

Опубліковані праці за розділом 5

1. Свинар М.М. Залежність вмісту клейковини в зерні пшениці озимої від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Аграрні інновації*. 2025. №34. С. 154-157. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.22>

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА НОРМ ВИСІВУ

6.1. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої

Економічна ефективність вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) є одним із ключових показників оцінки доцільності застосування тих чи інших елементів технології. У сучасних умовах господарювання важливого значення набуває не лише забезпечення високого рівня урожайності культури, а й зниження собівартості продукції, підвищення рентабельності та отримання стабільного прибутку. У зв'язку зі зростанням вартості мінеральних добрив, насіння, паливно-мастильних матеріалів і засобів захисту рослин постає необхідність оптимізації технологічних факторів вирощування пшениці озимої з метою підвищення економічної віддачі виробництва [176].

Встановлено, що рівень економічної ефективності значною мірою залежить від елементів технології вирощування, зокрема норм внесення мінеральних добрив, строків сівби, норм висіву насіння, системи захисту рослин та сортових особливостей культури. Раціональне поєднання цих факторів забезпечує формування оптимальної густоти продуктивного стеблостою, підвищення урожайності та якості зерна, що безпосередньо впливає на величину умовно чистого прибутку та рівень рентабельності [177, 178]. За даними досліджень, застосування мінеральних добрив у помірних та науково обґрунтованих дозах сприяє підвищенню врожайності зерна пшениці озимої, проте надмірне зростання витрат на добрива може знижувати рівень рентабельності виробництва. Тому важливим завданням сучасного землеробства є встановлення оптимального співвідношення між витратами ресурсів і приростом урожайності [179, 180].

Не менш важливим технологічним фактором є норма висіву насіння, від якої залежить густина рослин, продуктивність агроценозу та ефективність використання елементів живлення і вологи. Оптимізація норм висіву дозволяє формувати

високопродуктивні посіви із мінімальними витратами матеріальних ресурсів, що позитивно впливає на економічні показники вирощування культури [177, 178]. Отже, удосконалення технології вирощування пшениці озимої та встановлення оптимальних параметрів її основних елементів є важливим напрямом сучасної аграрної науки і практики, оскільки сприяє підвищенню конкурентоспроможності виробництва зерна та забезпеченню високої економічної ефективності.

Економічний аналіз результатів проведених досліджень показав, що ефективність вирощування зерна пшениці озимої сорту Реформ залежить від норм внесених мінеральних добрив та норм висіву насіння (табл. 6.1). До важливих показників економічної ефективності вирощування зерна відноситься собівартість продукції, яка відображає роботу сільськогосподарських підприємств і значною мірою визначає рівень доходу. У середньому за три роки на контрольному варіанті за умови збільшення норми висіву при більшій урожайності зерна вона знижувалася і становила: при нормі 300 нас./м² – 4304,5 грн/т, при 350 нас./м² – 4250,1 грн/т, при 400 нас./м² – 4158,2 грн/т та при 450 нас./м² – 4144,9 грн/т. На варіанті удобрення N₄₅P₃₀K₃₀ залежно від норм висіву при статистично однаковому рівні урожайності зерна собівартість збільшувалася від 4106,5 до 4318,8 грн/т, N₆₀P₄₅K₄₅ – від 3835,3 до 4091,4 грн/т і N₇₅P₆₀K₆₀ – від 3747,8 до 3938,8 грн/т.

Одним із важливих економічних показників, який характеризує економічний розвиток підприємства, є чистий прибуток. Обсяг його залежить від кількості вирощеної продукції на одиниці площі посіву. У наших дослідженнях найнижчий прибуток отримано на контролі без добрив 21317,5 грн/га при нормі 300 нас./м², 22419,4 грн/га – при нормі 350 нас./м², 23967,0 грн/га – при нормі 400 нас./м² та 24712,3 грн/га – при нормі 450 нас./м². Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню умовно чистого прибутку порівняно з контролем. На варіанті N₄₅P₃₀K₃₀ при збільшенні норми висіву від 300 до 450 нас./м² за статистично однакового рівня урожайності зерна показник зменшувався з 29899,5 до 28836,3 грн/га. За норми внесення мінеральних добрив N₆₀P₄₅K₄₅ спостерігалось подальше зростання умовно чистого прибутку на 1 га до 37702,4 грн/га при нормі 300 нас./м², 37110,3 грн/га – при нормі 350 нас./м², 36339,8 грн/га – при нормі 400 нас./м² та 35391,0 грн/га – при

нормі 450 нас./м². І при найбільшій нормі мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ відбувалася аналогічна тенденція при загущенні посівів при однаковій урожайності зерна значення показника зменшувалося з 42543,2 до 40945,0 грн/га.

Таблиця 6.1

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої сорту Реформ
(середнє за 2023–2025 рр.)**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, шт./м ²	Урожайність, т/га	Затрати, грн./га	Дохід, грн./га	Собівартість, грн./т	Чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
N ₀ P ₀ K ₀	300	4,54	19542,5	40860	4304,5	21317,5	109,1
	350	4,72	20060,6	42480	4250,1	22419,4	111,8
	400	4,95	20583,0	44550	4158,2	23967,0	116,4
	450	5,09	21097,7	45810	4144,9	24712,3	117,1
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	6,11	25090,5	54990	4106,5	29899,5	119,2
	350	6,14	25596,0	55260	4168,7	29664,0	115,9
	400	6,17	26101,6	55530	4230,4	29428,4	112,7
	450	6,16	26603,7	55440	4318,8	28836,3	108,4
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	7,30	27997,6	65700	3835,3	37702,4	134,7
	350	7,29	28499,7	65610	3909,4	37110,3	130,2
	400	7,26	29000,2	65340	3994,5	36339,8	125,3
	450	7,21	29499,0	64890	4091,4	35391,0	120,0
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	8,10	30356,8	72900	3747,8	42543,2	140,1
	350	8,15	30864,0	73350	3787,0	42486,0	137,7
	400	8,11	31363,7	72990	3867,3	41626,3	132,7
	450	8,09	31865,0	72810	3938,8	40945,0	128,5

Не менш важливим економічним показником є рентабельність, яка вказує скільки на одну вкладену гривню у вирощування пшениці отримано додатково коштів у відносних значеннях. Цей показник економічної ефективності визначається відношенням чистого прибутку до собівартості реалізованої продукції. В середньому за три роки досліджень умовний рівень рентабельності для

контролю за норм висіву 300, 350, 400, 450 нас./м² становив 109,1%; 111,8%; 116,4%; 117,1%. Кожне наступне збільшення норми мінеральних добрив сприяло зростанню рівня рентабельності. Так, при застосуванні норми добрив N₄₅P₃₀K₃₀ відповідно порядку зазначених вище норм висіву показник становив 119,2%; 115,9%; 112,7%; 108,4%. На варіанті N₆₀P₄₅K₄₅ при збільшенні норми висіву від 300 до 450 нас./м² за статистично однакового рівня урожайності зерна рентабельність зменшувалася з 134,7% до 120,0%. Дещо більшою вона виявилась за умов варіанта N₇₅P₆₀K₆₀: 140,1% – при нормі 300 нас./м², 137,7% – при нормі 350 нас./м², 132,7% – при нормі 400 нас./м² та 128,5% – при нормі 450 нас./м².

Таблиця 6.2

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої сорту Бодицек
(середнє за 2023–2025 рр.)**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, шт./м ²	Урожайність, т/га	Затрати, грн./га	Дохід, грн./га	Собівартість, грн./т	Чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
N ₀ P ₀ K ₀	300	4,11	19506,3	36990	4746,1	17483,7	89,6
	350	4,28	20023,6	38520	4678,4	18496,4	92,4
	400	4,51	20546,0	40590	4555,6	20044,0	97,6
	450	4,61	21057,4	41490	4567,8	20432,6	97,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	5,60	25047,6	50400	4472,8	25352,4	101,2
	350	5,65	25554,8	50850	4523,0	25295,2	99,0
	400	5,67	26059,5	51030	4596,0	24970,5	95,8
	450	5,63	26559,2	50670	4717,4	24110,8	90,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	6,77	27953,0	60930	4129,0	32977,0	118,0
	350	6,78	28456,8	61020	4197,2	32563,2	114,4
	400	6,83	28964,1	61470	4240,7	32505,9	112,2
	450	6,75	29460,3	60750	4364,5	31289,7	106,2
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	7,71	30324,0	69390	3933,1	39066,0	128,8
	350	7,72	30827,9	69480	3993,3	38652,1	125,4
	400	7,69	31328,4	69210	4073,9	37881,6	120,9
	450	7,65	31828,0	68850	4160,5	37022,0	116,3

Аналогічна закономірність встановлена і у сорту озимої пшениці Бодицек. Економічний аналіз результатів проведених досліджень показав, що ефективність вирощування зерна також залежить від норм внесених мінеральних добрив та норм висіву насіння (табл. 6.2).

В середньому за три роки досліджень умовний рівень рентабельності для контролю за норм висіву 300, 350, 400, 450 нас./м² становив 89,6%; 92,4%; 97,6%; 97,0%. При кожному наступному збільшенні норми добрив спостерігалось зростання рентабельності. Так, при застосуванні норми добрив N₄₅P₃₀K₃₀ відповідно порядку зазначених вище норм висіву показник становив 101,2%; 99,0%; 95,8%; 90,8%. На варіанті N₆₀P₄₅K₄₅ при збільшенні норми висіву від 300 до 450 нас./м² за статистично однакового рівня урожайності зерна рентабельність зменшувалась з 118,0% до 106,2%. Дещо більшою вона виявилась за умов варіанта N₇₅P₆₀K₆₀: 128,8% – при нормі 300 нас./м², 125,4% – при нормі 350 нас./м², 120,9% – при нормі 400 нас./м² та 116,3% – при нормі 450 нас./м².

Отже, найвищий рівень рентабельності у сорту Реформ отримано на варіанті внесення мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ при нормах висіву 300 та 350 нас./м² – 140,1% та 137,7%, а у сорту Бодицек – 128,8% та 125,4% відповідно.

6.2. Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої

Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) є важливим показником оцінки сучасних технологій виробництва зерна, оскільки характеризує співвідношення між енергією, накопиченою в урожаї на одиниці площі посіву та сукупними енергетичними витратами на його отримання. В умовах збільшення продуктивності посівів за рахунок додаткових енерговитрат, матеріально-технічних ресурсів особливого значення набуває розроблення та впровадження енергозберігаючих технологій вирощування культури. Одним із головних завдань сучасного землеробства є не лише підвищення рівня врожайності пшениці озимої, а й забезпечення максимально ефективного використання енергетичних ресурсів [180].

Відомо, що рівень енергетичної ефективності значною мірою залежить від технологічних факторів, зокрема норм внесення мінеральних добрив, норм висіву насіння, систем удобрення, строків сівби та особливостей сорту. Раціональне поєднання цих елементів технології сприяє формуванню високопродуктивних агроценозів, підвищенню виходу валової енергії з урожаєм і зменшенню енергоємності продукції. Разом із тим надмірне застосування добрив або збільшення норм висіву не завжди супроводжується адекватним приростом урожаю, що може призводити до зниження енергетичного коефіцієнта виробництва [181]. За результатами досліджень встановлено, що оптимізація технологічних прийомів вирощування забезпечує зростання коефіцієнта енергетичної ефективності та підвищення окупності енергетичних витрат урожаєм зерна. Особливо важливим є підбір оптимальних норм добрив і норм висіву, які забезпечують максимальний вихід енергії [181].

Отже, вивчення впливу технологічних факторів на енергетичну ефективність вирощування пшениці озимої є актуальним напрямом досліджень, спрямованим на підвищення продуктивності агроценозів, енергозбереження та забезпечення сталого розвитку зерновиробництва.

В результаті проведених досліджень встановлено, що в середньому за три роки енергетична ефективність вирощування пшениці озимої сорту Реформ залежить від норм внесення мінеральних добрив та норм висіву (табл. 6.3).

Для варіанта без внесення добрив збільшення норми висіву дозволяє отримати вищий рівень урожайності зерна (до 4,95–5,09 т/га). Проте з точки зору ресурсоощадності та енергетичного аналізу, найбільш вигідною є сівба із нормою 300 нас./м², який забезпечує максимальну віддачу на кожну витрачену одиницю енергії (КЕЕ = 4,63).

Застосування добрив у нормі N₄₅P₃₀K₃₀ забезпечило високий рівень урожайності зерна (понад 6 т/га). Проте кожне збільшення норми висіву на 50 шт./м² на цьому варіанті суттєво не впливало на цей показник (6,11–6,17 т/га), він був статистично однаковим. Коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ) закономірно знижується зі збільшенням кількості висіяного насіння. Найвищий

КЕЕ зафіксовано за норми 300 нас./м² – 4,30, за норми 350 нас./м² коефіцієнт падає до 4,10, за норми 400 нас./м² – до 3,92 і найнижча ефективність відмічена за норми 400 нас./м² – 3,74.

Таблиця 6.3

**Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої сорту Реформ
(середнє за 2023–2025 рр.)**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, шт./м ²	Урожайність, т/га	Затрати непоновлюваної енергії, МДж		Акумуляована енергія урожаєм 1 га, МДж	Коеф. енерг. ефект. (Кее)
			на 1 га	на 1 т зерна		
N ₀ P ₀ K ₀	300	4,54	16117,0	3550,0	74691,2	4,63
	350	4,72	17701,2	3750,3	77652,5	4,39
	400	4,95	19317,6	3902,5	81436,4	4,22
	450	5,09	20755,7	4077,7	83739,7	4,03
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	6,11	23357,0	3822,8	100520,5	4,30
	350	6,14	24666,2	4017,3	101014,1	4,10
	400	6,17	25915,8	4200,3	101507,6	3,92
	450	6,16	27078,5	4395,9	101343,1	3,74
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	7,30	28559,6	3912,3	120098,1	4,21
	350	7,29	29797,2	4087,4	119933,6	4,02
	400	7,26	30935,2	4261,0	119440,1	3,86
	450	7,21	32024,4	4441,7	118617,5	3,70
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	8,10	32085,6	3961,2	133259,6	4,15
	350	8,15	33671,6	4131,5	134082,2	3,98
	400	8,11	34792,7	4290,1	133424,1	3,83
	450	8,09	36296,9	4486,6	133095,1	3,67

Наступне внесення добрив в нормі N₆₀P₄₅K₄₅ дозволило отримати ще вищий рівень урожайності зерна (понад 7 т/га), яка суттєво не залежала від норм висіву. Коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ) демонструє зниження в міру збільшення норми висіву. Це зумовлено одночасним зменшенням виходу енергії

з урожаєм та зростанням сукупних витрат на посівний матеріал. Найвищий КЕЕ зафіксовано за норми 300 нас./м² – 4,21, за норми 350 нас./м² коефіцієнт падає до 4,02, за норми 400 нас./м² – до 3,86 і найнижча ефективність відмічена за норми 400 нас./м² – 3,70.

При найбільшій нормі мінерального живлення N₇₅P₆₀K₆₀ формування продуктивності озимої пшениці досягає своїх максимальних значень (понад 8 т/га). Зміна норми висіву в межах 300–450 нас./м² не впливала на рівень урожайності зерна, яка була статистично однаковою (8,09–8,15 т/га). Коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ) демонструє стабільне і послідовне зниження зі зростанням норми висіву, оскільки збільшення витрат на насіння не компенсується суттєвим приростом енергії отриманого врожаю. Максимальний КЕЕ відмічено за норми 300 нас./м² – 4,15, за норми 350 нас./м² коефіцієнт знижується до 3,98, за норми 400 нас./м² – до 3,83 і найнижчу енергетичну окупність зафіксовано за максимальної норми 400 нас./м² – 3,67.

Аналогічна закономірність встановлена і у сорту озимої пшениці Бодицек. В середньому за три роки енергетична ефективність вирощування залежала від норм внесення мінеральних добрив та норм висіву (табл. 6.4).

При найбільшій нормі мінерального живлення N₇₅P₆₀K₆₀ формування продуктивності озимої пшениці досягає своїх максимальних значень (7,65–7,72 т/га) і при цьому зміна норми висіву в межах 300–450 нас./м² не впливала на рівень урожайності зерна, яка була статистично однаковою. Коефіцієнт енергетичної ефективності показує поступове зниження зі збільшенням норми висіву, оскільки збільшення витрат на насіння не компенсується суттєвим приростом енергії отриманого врожаю. Максимальний КЕЕ відмічено за норми 300 нас./м² – 3,94, за норми 350 нас./м² коефіцієнт знижується до 3,78, за норми 400 нас./м² – до 3,63 і найнижчу енергетичну окупність зафіксовано за максимальної норми 400 нас./м² – 3,46.

Отже, коефіцієнт енергетичної ефективності у сорту озимої пшениці Реформ найвищим був в середньому за три роки при нормі висіву 300 нас./м² і становив на контрольному варіанті 4,63, при застосуванні мінеральних добрив N₄₅P₃₀K₃₀,

$N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ він був дещо нижчим 4,30; 4,21 і 4,15 відповідно, а у сорту Бодицек – 4,41; 4,09; 3,99 та 3,94.

Таблиця 6.4

**Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої сорту Бодицек
(середнє за 2023–2025 рр.)**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, шт./м ²	Урожайність, т/га	Затрати непоновлюваної енергії, МДж		Акумулятована енергія урожаєм 1 га, МДж	Коеф. енерг. ефект. (К _е)
			на 1 га	на 1 т зерна		
$N_0P_0K_0$	300	4,11	15326,8	3729,1	67616,9	4,41
	350	4,28	16893,2	3947,0	70413,7	4,17
	400	4,51	18509,6	4104,1	74197,6	4,01
	450	4,61	19874,8	4311,2	75842,8	3,82
$N_{45}P_{30}K_{30}$	300	5,60	22541,3	4025,2	92130,1	4,09
	350	5,65	23887,2	4227,8	92952,7	3,89
	400	5,67	25118,4	4430,1	93281,7	3,71
	450	5,63	26106,0	4636,9	92623,6	3,55
$N_{60}P_{45}K_{45}$	300	6,77	27947,3	4128,1	111378,7	3,99
	350	6,78	29219,8	4309,7	111543,2	3,82
	400	6,83	30746,0	4501,6	112365,8	3,65
	450	6,75	31780,2	4708,2	111049,7	3,49
$N_{75}P_{60}K_{60}$	300	7,71	32210,0	4177,7	126843,4	3,94
	350	7,72	33602,5	4352,7	127007,9	3,78
	400	7,69	34862,0	4533,4	126514,3	3,63
	450	7,65	36329,6	4749,0	125856,3	3,46

Висновки до розділу 6.

Рівень рентабельності, який є важливим показником економічної ефективності, який відображає розмір чистого прибутку на одну гривню виробничих витрат. У середньому за три роки досліджень із кожним підвищенням норми мінеральних добрив спостерігалось збільшення рівня рентабельності. Проте

в межах кожного удобреного фону збільшення норм висіву 300, 350, 400 та 450 нас./м² зумовлювало зворотну тенденцію. Найвищий рівень рентабельності у сорту Реформ отримано на варіанті внесення мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ при нормах висіву 300, 350, 400, 450 нас./м² – 140,1% 137,7%, 132,7%, 128,5%, а у сорту Бодицек – 128,8%, 125,4%, 120,9%, 116,3% відповідно.

Коефіцієнт енергетичної ефективності у сорту озимої пшениці Реформ найвищим був в середньому за три роки при нормі висіву 300 нас./м² і становив на контрольному варіанті 4,63, при застосуванні мінеральних добрив N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅ та N₇₅P₆₀K₆₀ він був дещо нижчим 4,30; 4,21 і 4,15 відповідно, а у сорту Бодицек – 4,41; 4,09; 3,99 та 3,94 відповідно.

ВИСНОВКИ

Результати проведених досліджень стверджують, що норми мінеральних добрив і норми висіву насіння безпосередньо впливають на структуру посівів, рівень урожайності, біохімічні й технологічні якості зерна озимої пшениці, а також на економічну та енергетичну ефективність її виробництва. На основі отриманих експериментальних даних зроблено такі висновки.

1. Встановлено вплив мінеральних добрив на польову схожість насіння пшениці озимої. Порівняно з контрольним варіантом без удобрення приріст показника становив від 1,15% у сорту Реформ до 1,30% у сорту Бодицек. На варіантах із внесенням добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ польова схожість у сорту Бодицек становила відповідно 93,52%, 93,64% і 93,50%, а у сорту Реформ – 93,59%, 93,46% та 93,53%. Разом із тим встановлено, що рівень польової схожості насіння не залежав від норм мінеральних добрив.

2. Перезимівля та загальне виживання рослин пшениці озимої залежало від впливу мінеральних добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$. Перезимівля рослин становила у сорту Бодицек відповідно 92,36%, 92,27% і 92,46%, а у сорту Реформ – 91,97%, 91,79% та 91,85%. Загальне виживання рослин становило у сорту Бодицек відповідно 83,38%, 83,62% і 83,21%, а у сорту Реформ – 83,13%, 82,96% та 83,36%. За впливом норм висіву насіння найефективнішими виявилися норми 300 і 350 нас./м², які забезпечили істотно вищі показники перезимівлі та виживання рослин. У сорту Бодицек перезимівля рослин становила відповідно 92,25% та 92,39%, а у сорту Реформ – 92,16% та 92,22%. У сорту Бодицек загальне виживання рослин становило відповідно 82,92% та 82,52%, а у сорту Реформ – 82,11% та 82,52%.

3. Тривалість вегетації озимої пшениці залежала від норм висіву та мінерального живлення, що безпосередньо впливали на темпи проходження фенофаз. Упродовж 2022–2025 рр. цей період у сорту Бодицек становив 257–263 дні, а у сорту Реформ – 267–271 день.

4. Встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості рослин пшениці озимої порівняно з контролем. На варіантах удобрення $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ показники були статистично однаковими і становили у сорту Бодицек відповідно 312, 313 і 311 шт./м², а у сорту Реформ – 311, 311 та 312 шт./м². На контрольному варіанті без внесення добрив кількість рослин була нижчою і складала 290 шт./м² та 288 шт./м², відповідно. Під впливом норм висіву насіння 300, 350, 400 та 450 нас./м² спостерігалася закономірно диференціація кількості рослин: у сорту Бодицек значення становили відповідно 248, 288, 324 та 365 шт./м², а у сорту Реформ – 246, 288, 323 та 363 шт./м².

5. Формування продуктивного стеблостою пшениці озимої детермінувалося як рівнем мінерального живлення, так і нормою висіву. Інтенсифікація удобрення від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила збільшення кількості продуктивних пагонів у сорту Бодицек з 342 до 662 шт./м², а у сорту Реформ – з 379 до 704 шт./м². Аналогічна динаміка спостерігалася при збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 468 до 542 шт./м², а у сорту Реформ – з 506 до 583 шт./м², відповідно. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 94,82% для сорту Бодицек та 94,66% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 5,11% та 5,26% відповідно. Залежність густоти продуктивного стеблостою пшениці озимої від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{пп}^B = 134,4375 + 1,6194 NPK + 0,4985 Нв$ та у сорту Реформ $K_{пп}^P = 167,3327 + 1,6359 NPK + 0,5105 Нв$.

6. Інтенсивність процесу кущення рослин пшениці озимої визначалася технологічними факторами: нормами висіву та рівнями мінерального живлення. Спостерігалася чітка диференціація показників: при збільшенні норми висіву від 300 до 450 нас./м² коефіцієнт кущення знижувався з 1,87 до 1,48 у сорту Бодицек та з 2,04 до 1,60 у сорту Реформ. Натомість оптимізація живлення забезпечила істотне зростання показника – від 1,19 на контролі до 2,15 на варіанті $N_{75}P_{60}K_{60}$ у сорту Бодицек та від 1,33 до 2,28 у сорту Реформ відповідно.

7. Параметри листової поверхні озимої пшениці чітко диференціювалися під дією норми висіву та мінеральних добрив. Із загущенням посівів від 300 до 450

нас./м² індивідуальна площа листя рослин зменшувалася у сорту Бодицек – з 127,36 до 108,87 см², у Реформ – з 119,58 до 102,26 см². Водночас інтенсифікація мінерального живлення забезпечила потужний приріст показника: від варіанта без добрив до варіанта з максимальною нормою внесення мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ значення піднялися з 76,60 до 152,34 см²/рослину для сорту Бодицек та з 70,66 до 143,70 см²/рослину для сорту Реформ.

8. На процеси накопичення маси сухої речовини озимої пшениці впливали як норми висіву, так і норми мінерального удобрення. Збільшення норм мінеральних добрив від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ забезпечила суттєвий приріст маси сухої речовини: у сорту Бодицек – з 0,50 до 1,48 г/рослину, а у сорту Реформ – з 0,46 до 1,46 г/рослину. Натомість збільшення норми висіву з 300 до 450 нас./м² зумовило зворотну тенденцію, спричинивши зменшення вагових параметрів рослин із 1,09 до 0,95 г/рослину у сорту Бодицек та з 1,06 до 0,92 г/рослину у сорт Реформ.

9. Формування продуктивності колоса за кількістю зерен пшениці озимої залежало від норм мінеральних добрив та норм висіву насіння. Інтенсифікація росту та розвитку рослин пшениці озимої нормами добрив від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ сприяла до зменшення кількості зерен в колосі у сорту Бодицек з 31,77 до 29,92 шт., а у сорту Реформ – з 31,14 до 29,42 шт. Аналогічна динаміка спостерігалася при збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 31,99 до 29,58 шт., а у сорту Реформ – з 31,36 до 29,10 шт., відповідно. Частка впливу норм мінеральних добрив склала 37,01% для сорту Бодицек та 36,51% для сорту Реформ; а норм висіву – 62,27% та 62,78%, відповідно. Залежність кількості зерен в колосі пшениці озимої від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $K_{zk}^B = 37,91246 - 0,00923 NPK - 0,01600 H_v$ та у сорту Реформ $K_{zk}^P = 39,91006 - 0,00857 NPK - 0,01502 H_v$.

10. Формування продуктивності колоса за масою зернівки пшениці озимої залежало як від мінерального живлення, так від норм висіву. Інтенсифікація процесу живлення удобренням норм від N₀P₀K₀ до N₇₅P₆₀K₆₀ забезпечила зменшення маси зернівки в колосі у сорту Бодицек в межах від 42,14 до 39,53 мг, а у сорту Реформ – від 42,73 до 40,30 мг. Аналогічна динаміка спостерігалася при

збільшенні норм висіву від 300 до 450 нас./м² у сорту Бодицек з 42,03 до 39,60 мг, а у сорту Реформ – з 42,56 до 40,37 мг, відповідно. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 54,52% для сорту Бодицек та 56,12% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 45,03% та 43,32%, відповідно. Залежність маси зернівки в колосі пшениці озимої від досліджуваних факторів описується рівнянням прямолінійної регресії: у сорту Бодицек $M_{зк}^B = 48,38532 - 0,01314 NPK - 0,01608 N_v$ та у сорту Реформ $M_{зк}^P = 48,37998 - 0,01231 NPK - 0,01454 N_v$.

11. Встановлено залежність рівня урожайності зерна пшениці озимої від норм внесення мінеральних добрив. На варіантах $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{60}$ отримано статистично істотні відмінності середніх показників урожайності, які у сорту Бодицек становили відповідно 4,38; 5,64; 6,78 та 7,69 т/га, а у сорту Реформ – 4,82; 6,15; 7,26 та 8,11 т/га. Водночас за норм висіву 300, 350, 400 і 450 нас./м² істотного впливу цього фактора на формування урожайності зерна пшениці озимої не виявлено.

12. Формування технологічної якості за показником натури зерна пшениці озимої визначалося як рівнем мінерального живлення, так і нормою висіву. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ забезпечила зменшення натури зерна у сорту Бодицек з 768,9 до 750,0 г/л, а у сорту Реформ – з 766,7 до 748,2 г/л. Максимальна натура зерна отримана при нормах висіву 350 і 400 нас./м²: для сорту Бодицек вона становила 762,2 та 763,2 г/л, а для сорту Реформ – 760,3 і 761,5 г/л. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 85,75% для сорту Бодицек та 83,08% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 14,14% та 16,81%, відповідно.

13. Формування біохімічної якості за показником вмісту білка в зерні пшениці озимої залежало як від мінеральних добрив, так і від норм висіву. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню вмісту білка в зерні сорту Бодицек з 11,9 до 14,3%, а у сорту Реформ – з 11,7 до 13,9%. Максимальних значень цей показник досягнув при нормах 350 та 400 насінин на 1м²: у сорту Бодицек – 13,5% та 13,6%, у сорту Реформ – 13,2% та 13,4%. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 84,48% для сорту

Бодицек та 81,29% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 15,10% та 18,41%, відповідно.

14. Формування біохімічної якості за показником вмісту клейковини в зерні пшениці озимої залежало як від мінеральних добрив, так і від норм висіву. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{75}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню вмісту клейковини в зерні сорту Бодицек з 26,8 до 28,7%, а у сорту Реформ – з 26,3 до 28,4%. Максимальних значень цей показник досягнув при нормах 350 та 400 насінин на $1m^2$: у сорту Бодицек – 28,1% та 28,2%, у сорту Реформ – 27,7% та 27,9%. Частка впливу фактора А норм мінеральних добрив склала 87,28% для сорту Бодицек та 88,60% для сорту Реформ; фактора В норм висіву – 12,52% та 11,06%, відповідно.

15. Рівень рентабельності, який є важливим показником економічної ефективності, який відображає розмір чистого прибутку на одну гривню виробничих витрат. У середньому за три роки досліджень із кожним підвищенням норми мінеральних добрив спостерігалось збільшення рівня рентабельності. Найвищий рівень рентабельності у сорту Реформ отримано на варіанті внесення мінеральних добрив $N_{75}P_{60}K_{60}$ при нормах висіву 300, 350, 400, 450 нас./ m^2 – 140,1% 137,7%, 132,7%, 128,5%, а у сорту Бодицек – 128,8%, 125,4%, 120,9%, 116,3% відповідно.

16. Коефіцієнт енергетичної ефективності при вирощуванні сорту озимої пшениці Реформ найвищим був в середньому за три роки при нормі висіву 300 нас./ m^2 і становив на контрольному варіанті 4,63, при застосуванні мінеральних добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{75}P_{60}K_{60}$ він був дещо нижчим 4,30; 4,21 і 4,15 відповідно, а у сорту Бодицек – 4,41; 4,09; 3,99 та 3,94 відповідно.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для формування високої врожайності пшениці озимої сортів Бодицек (6,8–7,7 т/га) та Реформ (7,3–8,2 т/га) і отримання високих показників якості зерна в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземах опідзолених рекомендовано вносити мінеральні добрива в нормі $N_{60-75}P_{45-60}K_{45-60}$ дотримуючись норм висіву 350–400 схожих насінин на 1 м², що забезпечуватиме вміст білка в зерні в межах 13,7–14,6%, вміст клейковини – 28,2–29,0% та натуру зерна – 750,5–761,1 г/л.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Носко Б.С., Медведєв В.В., Непочатов О.П., Скороход В.І. Роль добрив у підвищенні ефективності землеробства в посушливих умовах. *Вісник аграрної науки*. 2000. №5. С. 11-15.
2. Гангур В.В., Павлюк О.О., Маренич М.М. Ефективність факторів інтенсифікації в технології вирощування озимої пшениці. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2008. №2. С.43–46.
3. Власова О. Пшениця потребує мінеральних добрив. Агробізнес Сьогодні: веб-сайт. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/9562-pshenytsia-potrebuie-mineralnykh-dobryv.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 01.10.2024).
4. Шегеда І.М., Починок В.М., Кірізій Д.А., Маменко Т.П. Вплив умов азотного живлення на фотосинтез, продуктивність і білковість зерна озимої пшениці. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т.50, №2. С. 105-114. <https://doi.org/10.15407/frg2018.02.105>
5. Qu, B., Noor, H., Feng, Y., Di, J., Alotaibi, M., Noor, F. Nitrogen uptake and water consumption for achieving high yield of winter wheat upon nitrogen addition at different doses. *Scientific Reports*. 2025. №15. 40047. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24530-6>
6. Alley, M.M., Scharf, P., Brann, D.E., Baethgen, W.E., Hammons, J.L. Nitrogen Management for Winter Wheat: Principles and Recommendations. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, 2019. 424-026.
7. Vance, C.P., Uhde-Stone, C., Allan, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*. 2003. Volume 157, Issue 3. Pp. 423–447. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x>
8. Abel, S., Ticconi, C.A., Delatorre, C.A. Phosphate sensing in higher plants. *Physiologia Plantarum*. 2002. Volume 115, Issue 1. Pp. 1–8. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1150101.x>
9. Romanyà, J., Blanco-Moreno, J.M., Sans, F.X. Phosphorus mobilization in low-

Parable soils may involve soil organic C depletion. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Volume 113. Pp. 250-259. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.06.015>

10. Anjum, N.A., Masood, A., Umar, S., Khan, N.A. *Phosphorus in Soils and Plants*. 2024. BoD–Books on Demand.

11. Santoro, V., Schiavon, M., Celi, L. Role of soil abiotic processes on phosphorus availability and plant responses with a focus on strigolactones in tomato plants. *Plant and Soil*. 2024. Vol. 494. Pp. 1-49. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06266-2>

12. Wendimu, A., Yoseph, T., Ayalew, T. Ditching phosphatic fertilizers for phosphate-solubilizing biofertilizers: a step towards sustainable agriculture and environmental health. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, Issue 2. P. 1713. <https://doi.org/10.3390/su15021713>

13. Makhdum, M.I., Abid, M., Hameed, R., Balooch, S., Noreen, S., Akhter, M.S., Iqbal, U., Abbas, A., Farah, M.A., Singh, R. Influence of phosphorous fertilizer on mineral nutrition and yield attributes of wheat: Acquisition with PSTOL1 gene for arid environment. *Journal of King Saud University – Science*. 2024. Volume 36, Issue 11. 103485. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103485>

14. Zhang, W., Liu, D., Liu, Y., Chen, X., Zou, C. Overuse of Phosphorus Fertilizer Reduces the Grain and Flour Protein Contents and Zinc Bioavailability of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. Volume 65, Issue 8. Pp. 1473-1482. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04778>

15. Логінова І. «Недоступний» фосфор або як обрати фосфорне добриво. Агроном: веб-сайт. URL: <https://www.agronom.com.ua/nedostupnyj-fosfor-yak-obraty-fosforne-dobryvo/> (дата звернення: 08.05.2024).

16. Fontana, M., Belanger, G., Hirte, J., Ziadi, N., Elfouki, S., Bragazza, L., Liebisch, F., Sinaj, S. Critical plant phosphorus for winter wheat assessed from long-term field experiments. *European Journal of Agronomy*. 2021. Volume 126. 126263. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126263>

17. Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager-Møller, I., White, P. Function of macronutrients. Marschner's Mineral

Nutrition of Higher Plants (Third Edition). P. Marschner (Ed.). Academic Press, London, 2012. Pp. 135-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>

18. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Volume 14, Issue 4. Pp. 7370-7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>

19. Damon P.M., Rengel Z. Wheat genotypes differ in potassium efficiency under glasshouse and field conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2007. Volume 58, Issue 8. Pp. 816-823. <https://doi.org/10.1071/AR06402>

20. Colebrook, E.H., Thomas, S.G., Phillips, A.L., Hedden, P. The role of gibberellin signalling in plant responses to abiotic stress. *Journal of Experimental Biology*. 2014. Volume 217, Issue 1. Pp. 67-75. <https://doi.org/10.1242/jeb.089938>

21. Lotfi, R., Abbasi, A., Kalaji, H.M., Eskandari, I., Sedghieh, V., Khorsandi, H., Sadeghian, N., Yadav, S., Rastogi, A. The role of potassium on drought resistance of winter wheat cultivars under cold dryland conditions: Probed by chlorophyll a fluorescence. *Plant Physiol Biochem*. 2022. Volume 182. P. 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.04.010>

22. Gu, X., Liu, Y., Li, N., Liu, Y., Zhao, D., Wei, B., & Wen, X. Effects of the Foliar Application of Potassium Fertilizer on the Grain Protein and Dough Quality of Wheat. *Agronomy*. 2021. Volume 11, Issue 9. P. 1749. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091749>

23. Wang, Y., Yin, X., Wang, X., Ali, M.F., Lin, X., Gu, S., Han, Y., Wang, D. Split potassium application delays senescence and increases grain yield in winter wheat grown on sandy and silt loam soils. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. 1599296. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1599296>

24. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив. Київ : ЗАТ НІЧЛАВА, 2002. 344 с.

25. Майданюк В.В. Урожайність та якість пшениці озимої у Північному Лісостепу залежно від технології вирощування. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2011. Вип. 1–2. С. 103–108.

26. Ямковий В.Ю., Буняк О.І., Ящук Н.О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. №5. С. 101-107. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.16>
27. Господаренко Г.М. Система застосування добрив: навч. посібник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. 332 с.
28. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В., Комариста А.В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: Міська друкарня, 2011. 30 с.
29. Городній М.М., Грищенко О.В., Генгало О.М. Використання нових добрив із широким спектром дії. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків: збірник наукових праць*. 2013. Вип. 17. Т. II. С. 36–43.
30. Мірошниченко М.М., Панасенко Є.В., Звонар А.М., Леонов О.Ю., Галасун Ю.П., Гаврилюк В.А. Вимогливість сучасних сортів пшениці озимої до мінерального живлення. *Вісник аграрної науки*. 2021. №4(817). С. 28-35. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04>
31. Ященко Л.А., Ювчик Н.О. Винос та баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. *Аграрні інновації*. 2025. №30. С. 180-186. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.25>
32. Жемела Г.П., Шакалій С.М. Вплив мінерального живлення на елементи продуктивності та якість зерна пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2012. №4. С. 14–16. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.04.02>
33. Гангур В.В., Кочерга А.А., Пипко О.С., Кабак Ю.І., Лень О.І. Вплив мінеральних добрив на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. №3. С. 54–60. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.06>
34. Смірнова І.В. Урожайність та якість сортів пшениці озимої залежно від умов мінерального живлення. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія»*. Серія: Екологія. 2015. Т. 256, Вип. 244. С. 81-84.

35. Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K.P., Keswani, C., Minkina, T., Srivastava, A.K., Corato, U.D., Sansinenea, E. Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 883970. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883970>

36. Han, Y., Yang, M., Liu, L., Lei, X., Wang, Z., Liu, J., Sun, B., Yang, X., Zhang, S. Grain mineral concentration of Chinese winter wheat varieties released between 1970 and 2005 under diverse nutrient inputs. *Field Crops Research*. 2022. Volume 284. 108576. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108576>

37. Капітанська О. Як дефіцит елементів живлення у рослин пов'язаний зі здоров'ям людини. Агроном: веб-сайт. URL: <https://www.agronom.com.ua/yak-defitsyt-elementiv-zhyvlennya-u-roslyn-pov-yazanyj-zi-zdorov-yam-lyudyny/> (дата звернення: 15.08.2025).

38. Fan, M.-S., Zhao, F.-J., Poulton, P.R., McGrath, S.P. Historical changes in the concentrations of selenium in soil and wheat grain from the Broadbalk experiment over the last 160 years. *Science of the Total Environment*. 2008. Volume 389, Issue 2-3. Pp. 532-538. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.08.024>

39. Ducsay, L., Zapletalová, A., Vicianová, M., Varga, L., Slepčan, M., Rašovský, M., Pačuta, V., Ernst, D., Hozlar, P., Kubatková, D., Sitkey, J. Influence of nitrogen, sulphur, and selenium foliar application on yield and accumulation of selenium in spring wheat grains (*Triticum aestivum* L.). *Plant, Soil and Environment*. 2025. Volume 71, Issue 10. Pp. 750-758. <https://doi.org/10.17221/67/2025-PSE>

40. Zhao, F.J., Su, H.Y., Dunham, S.J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S.P., Shewry, P.R. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*. 2009. Volume 49, Issue 2. Pp. 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.11.007>

41. Shi, R., Zhang, Y., Chen, X., Sun, Q., Zhang, F., Römheld, V., Zou, C. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*. 2010. Volume 51, Issue 1. Pp. 165-170. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.11.008>

42. Huang, T., Huang, Q., She, X., Ma, X., Huang, M., Cao, H., He, G., Liu, J.,

Liang, D., Malhi, S.S., Wang, Z. Grain zinc concentration and its relation to soil nutrient availability in different wheat cropping regions of China. *Soil and Tillage Research*. 2019. Volume 191. Pp. 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.019>

43. Li, B.Y., Zhou, D.M., Cang, L., Zhang, H.L., Fan, X.H., Qin, S.W. Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Soil and Tillage Research*. 2007. Volume 96, Issue 1-2. Pp. 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.05.005>

44. Hamnér, K., Kirchmann, H. Trace element concentrations in cereal grain of long-term field trials with organic fertilizer in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2015. Volume 103. Pp. 347-358. <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9749-7>

45. Magallanes-López, A.M., Hernandez-Espinosa, N., Velu, G., Posadas-Romano, G., Ordoñez-Villegas, V.M.G., Crossa, J., Ammar, K., Guzmán, C. Variability in iron, zinc and phytic acid content in a worldwide collection of commercial durum wheat cultivars and the effect of reduced irrigation on these traits. *Food Chemistry*. 2017. Volume 237. Pp. 499-505. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.110>

46. Nikolic, O., Zivanovic, T., Jelic, M., & Djalovic, I. Interrelationships between grain nitrogen content and their indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2012. Volume 72. Pp. 111–116.

47. Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 168-178. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178>

48. Бараболя О.В., Яновський Р.О. Вплив строків сівби та норм висіву на врожайність і показники якості зерна пшениці м'якої озимої за кліматичних змін в умовах Північного Степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. №28(3). С. 6-13. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.03.01>

49. Вінюков О.О., Лапко О.Б., Бондарева О.Б. Формування показників продуктивності рослинами пшениці озимої різних різновидів залежно від норм

висіву в умовах північного Степу України. *Український журнал природничих наук*. 2025. №12. С. 155-162. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.15>

50. Любич В.В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2017. №2. С. 35–41.

51. Caglar, O., Bulut, S., Karaoglu, M.M., Kotancilar, H.G., Ozturk, A. Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2011. Vol. 10. P. 3368–3374.

52. Intsar H.H. Al-Hilfy, Wahid, S.A, Al-Abodi, H.M.K., Al-Salmani, S.A.A., Mahamud, R., Hossain, B. Grain Yield And Quality Of Wheat As Affected By Cultivars And Seeding Rates. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*. 2019. Vol. 3(1). P. 8–12. <http://doi.org/10.26480/mjsa.01.2019.08.12>

53. Zecevic, V., Bošković, J.Z., Knezevic, D., Micanovic, D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2014. Vol. 74(1). P. 1–13. <http://doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>

54. Fang, Y., Miao, Q., Liu, S., Xu, B., Zhang, S., Siddique, K.H.M., Palta, J., Chen, Y. Optimal Wheat Seeding Rate is Influenced by Cultivar-Specific Topsoil and Subsoil Root Traits. *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 111(6). P. 1–11. <http://doi.org/10.2134/agronj2019.03.0146>

55. Šarauskis, E., Kazlauskas, M., Naujokienė, V., Bručienė, I., Steponavičius, D., Romaneckas, K., & Jasinskas, A. Variable Rate Seeding in Precision Agriculture: Recent Advances and Future Perspectives. *Agriculture*. 2022. Volume 12, Issue 2. P. 305. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020305>

56. Spink, J.H., Semere, T., Spares, D.L., Whaley, J.M., Foulkes, J.M., Clare, R.W., Scott, R.K. Effect of sowing date on the optimum plant density of winter wheat. *Annals of Applied Biology*. 2000. Volume 137, Issue 2. Pp. 179–188. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00049.x>

57. Bhatta, M., Eskridge, K.M., Rose, D.J., Santra, D.K., Baenziger, P.S., Regassa, T. Seeding rate, genotype, and top-dressed nitrogen effects on yield and agronomic

characteristics of winter wheat. *Crop Science*. 2017. Volume 57, Issue 2. Pp. 951–963. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103>

58. Lloveras, J., Manent, J., Viudas, J., López, A., Santiveri, P. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a Mediterranean climate. *Agronomy Journal*. 2004. Volume 96, Issue 5. Pp. 1258–1265. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1258>

59. Ayalew, T., Abebe, B., Yoseph, T. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to variable seed rates: The case of Hawassa area, Southern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*. 2017. Volume 12(14). Pp. 1177–1181. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12196>

60. Iqbal, J., Hayat, K., Hussain, S., Ali, A., Bakhsh, M.A.A.H.A. Effect of seeding rates and nitrogen levels on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*. 2012. Volume 11, No 7. Pp. 629–634. <https://doi.org/10.3923/pjn.2012.629.634>

61. Mehring, G.H., Wiersma, J.J., Stanley, J.D., Ransom, J.K. Genetic and environmental predictors for determining optimal seeding rates of diverse wheat cultivars. *Agronomy*. 2020. Volume 10, Issue 3 Pp. 332. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030332>

62. Поліщук В.В., Притула Ю.М. Вплив норми висіву на формування продуктивності та якості насіння пшениці озимої. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 122–129. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-122-129>

63. Ma, S.-C., Wang, T.-C., Guan, X.-K., Zhang, X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. *Field Crops Research*. 2018. Volume 221. Pp. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028>

64. Вінюков О.О., Лапко О.Б. Формування біометричних показників і врожайності пшениці озимої різновидів *Lutescens* та *Erythrospertum* за різних норм висіву в умовах Північного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2025. №8(869). С. 28–38. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202508-03>

65. Кривохижа Є.М., Матвіїшин А.І., Бринь В.Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. №44. С. 33-37. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.5>

66. Романенко О.Л., Рибка В.С., Компанієць В.О., Кулик А.О. Норми висіву: агробіологічні та економічні питання вирощування сучасних сортів озимої пшениці в умовах південного Степу України. *Бюлетень Інституту зернових культур НААНУ*. 2009. №37.

67. Позняк В.В. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої з використанням ретарданту хлормекват-хлорид залежно від норм висіву насіння та рівня удобрення ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109, Т.1. С. 95-102. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.15>

68. Britannica. Cultivar: веб-сайт. URL: <https://www.britannica.com/science/plant-breeding/Evaluation-of-plants> (дата звернення: 08.05.2025).

69. Biology. Cultivar: веб-сайт. URL: https://www.biologyonline.com/dictionary/cultivar?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 08.05.2025).

70. Singh A.K., Barb J., Singh A., Mahama A.A. Basic Principles of Plant Breeding. In W.P. Suza, K.R. Lamkey (Eds.). Crop Improvement. Iowa State University Digital Press, 2023. URL: https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Agriculture_and_Horticulture/Crop_Improvement_%28Suza_and_Lamkey%29/01%3A_Chapters/1.01%3A_Basic_Principles_of_Plant_Breeding?utm_source=chatgpt.com#Seed_Law

71. Reynolds M.P., Trethowan R., Crossa J., Vargas M., Sayre K.D. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. *Field Crops Research*. 2002. Volume 75, Issues 2-3. Pp. 139-160. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00023-0)

72. Близнюк Б.В., Демидов О.А., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Каліцінська О.Б. Вплив агроекологічних чинників і сортових особливостей на врожайність та

якість зерна пшениці м'якої озимої. *Агроєкологічний журнал*. 2019. №1. С. 62-73.

<https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163258>

73. Близнюк Б.В., Демидов О.А., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Пикало С.В. Вплив екологічних чинників на формування якості зерна пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сортів миронівської селекції. *Агроєкологічний журнал*. 2020. №3. С. 63-72. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211528>

74. Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м'якої озимої різних екотипів в умовах Центрального Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 159-167. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.24>

75. Shewry P.R., Mitchell R.A.C., Tosi P., Wan Y., Underwood C., Lovegrove A., Freeman J., Toole G.A., Mills E.N.C., Ward J.L. An integrated study of grain development of wheat (cv. Hereward). *Journal of Cereal Science*. 2012. No 56. P. 21–30. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2011.11.007>

76. Jaskulska I., Jaskulski D., Gałęzewski L., Knapowski T., Kozera W., Wacławowicz R. Mineral composition and baking value of the winter wheat grain under varied environmental and agronomic conditions. *Journal of Chemistry*. 2018. Volume 2018, Issue 1. 5013825. <https://doi.org/10.1155/2018/5013825>

77. Egamov I.U., Siddikov R.I., Rakhimov T.A., Yusupov N.K. Creation of high-yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International Journal of Modern Agriculture*. 2021. Volume 10, Issue 2. P. 2491–2506.

78. Просунко В.М. Як впливатиме зміна клімату на рослинництво (прогнози вчених). *Селекція і насінництво*. 2006. №93. С. 3–20.

79. Собко М.Г., Глупак З.І., Крючко Л.В., Бутенко А.О. Формування врожайності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої різних за географічним походженням. *Аграрні інновації*. 2022. №12. С. 60–69. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.10>

80. Etten J., Sousa K., Aguilar A., Steinke J. Crop variety management for climate adaptation supported by citizen science. *Proceedings of the National Academy of*

<https://doi.org/10.1073/pnas.1813720116>

81. Моцний І.І., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю., Лифенко С.П. Результати використання інтрогресивних генотипів при створенні донорів стійкості до борошнистої роси, видів іржі та інших ознак у пшениці м'якої. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 119–138. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207004>

82. Солонечний П.М. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів ячменю ярого за продуктивністю. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. №4. С. 48–53.

83. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Зернова продуктивність ліній пшениці м'якої озимої, отриманих від схрещування батьківських форм різного еколого географічного походження. *Агробіологія*. 2014. №1(109). С. 11–16.

84. Лозінська Т. П. Формування елементів продуктивності нових сортів пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України. *Агробіологія*. Вип. 10(100). 2013. С. 22–25.

85. Литвиненко М.А. 100 років розвитку селекційних програм пшениці м'якої озимої. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2016. № 2(31). С. 75–82. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.2\(31\).2016.70324](https://doi.org/10.21498/2518-1017.2(31).2016.70324)

86. Лифенко С.П., Єриняк М.І., Наконечний М.Ю. Методи та результати селекції високоінтенсивних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Півдня України. *Зб. наук. праць СГП–НЦНС*. 2016. Вип. 27(67). С. 23–35.

87. Литвиненко М.А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), адаптованих до змін клімату на Півдні України. *Зб. наук. праць СГП–НЦНС*. 2016. Вип. 27(67). С. 36–53.

88. Чорнозем: технічні характеристики, утворення та використання. Budowa: веб-сайт. URL: <https://www.budowa.com.ua/blog/chornozem-tehnichni-harakterystyky-ut/?srsltid=AfmBOopRGypWpEdr7wnmoOsflaOI0rTdGujwg9xkRv7E0ViUujP0jsxW> (дата звернення: 08.11.2025).

89. Лактіонов М.І. Агрогрунтознавство. Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Х.: Видавець А.І. Шуст, 2001. 156 с.
90. Кирильчук А.М., Ориник Б.І., Бровко О.З., Гакало О.І. Вплив господарської діяльності на зміну вмісту гумусу в ґрунтах Тернопільської області. *Вісник НУВГП*. 2022. Вип. 4(100). С. 120-134. <https://doi.org/10.31713/vs420229>
91. Центи́ло Л.В. Параметри вмісту гумусу в чорноземі типовому залежно від агровиробничого використання. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. №2 (78). С. 173-180. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.017>
92. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / За ред. В.В. Медведєва, М.В. Лісового. Х.: Штрих, 2001. 100 с.
93. Чередниченко І.В. Агрофізичні показники чорнозему типового за різних систем удобрень. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. №1. С. 113-117.
94. Вольвач О.В., Лебедєв С.В. Вплив сучасних кліматичних змін на агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці в Тернопільській області. Рациональне використання природних ресурсів в умовах глобальних викликів: кол. монографія; за заг. ред. Т.О. Чайки. Полтава: Астроя, 2025. Розд. 1.3. С. 45–63.
95. Кирнасівська Н.В., Нікітін П.С., Кирнасівський О.О. Аналіз агрометеорологічних умов вегетаційного періоду пшениці озимої на території Вінницької області. *Аграрні інновації*. 2023. №22. С. 55-62. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.9>
96. Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Львів: НВФ «Українські технології», 2022. 808 с.
97. Борис Н. Як впливають гідротермічні умови на посіви озимої пшениці. *Пропозиція*. 2020. №9. URL: https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/yak-vplyvayut-hidrotermichnykh-umov-na-posivy-ozymoyi?utm_source=chatgpt.com
98. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костоґриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

99. Державний реєстр сортів, придатних для поширення в Україні. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України: веб-сайт. URL: <https://me.gov.ua/view/fab2511d-582a-4999-a0b8-62603f1471c2> (дата звернення: 11.05.2026).
100. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. 316 с.
101. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Чинний від 2019-06-10. Київ, 2019. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_3768_2019.pdf.
102. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: Українська академія аграрних наук, 2007. 55 с.
103. Лобас М.Г. Розвиток зернового господарства України. К.: НВАТ «Агроінком», 1997. 447 с.
104. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 208 с.
105. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean journal of agricultural research*. 2014. No 74. P. 23–28. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>
106. Cecchetti D., Pawełek A., Wyszowska J., Antoszewski M., Szmidt-Jaworska A. Treatment of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seeds with Electromagnetic Field Influences Germination and Phytohormone Balance Depending on Seed Size. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(6). P. 1423. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061423>
107. Shewry P.R., Hey S.J. The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Secur.* 2015. Vol. 4(3). P. 178–202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
108. Лихочвор В., Петриченко В., Андрушко О., Косилович Г., Оліфір Ю. Вплив глибини загортання насіння пшениці озимої на елементи структури та врожайність. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агрономія»*. 2023. №27. С.62-67. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.062>

109. Климишена Р.І. Польова схожість та виживання рослин озимого пивоварного ячменю залежно від внесених мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Збірник наукових праць*. 2012. Вип. 14. С. 71–73.
110. Лихочвор В.В. Структура врожаю озимої пшениці: Монографія. Львів: Українські технології, 1999. 200 с.
111. Гораш О.С., Куфель А.В. Польова схожість та збереженість рослин пивоварного ячменю ярого залежно від строків сівби та норм висіву насіння, *Агробіологія*. 2016. №2. С. 23-26.
112. Бельдій Н., Загинайло М., Носуля А. Ячмінь – культура прибуткова. *Пропозиція*. 2012.
113. Антал Т.В., Гарбар Л.А., Малеончук О.В., Корпан А.С., Трет'як Д.А. Польова схожість та урожайність пшениці твердої ярої та м'якої при застосуванні мінеральних добрив в умовах Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. №4. С. 36-39.
114. Каленська С.М., Судденко В.Ю. Польова схожість та виживаність рослин пшениці м'якої ярої залежно від елементів технології вирощування у Правобережному Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 2 (59). https://nd.nubip.edu.ua/2016_2/index.html
115. Рожков А.О., Рижик Т.В. Вплив строків сівби та норм висіву на польову схожість і виживаність пшениці озимої. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 218-227. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2018.134385>
116. Ласло О.О., Олійник О.О., Гордєєва О.Ф. Вплив змін клімату на умови перезимівлі пшениці озимої: вегетаційні обробки регуляторами росту. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 2 (43). С. 55-60. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-2.8>
117. Поліщук В.В., Коновалов Д.В. Перезимівля пшениці озимої та формування елементів структури урожаю залежно від обробки насіння біологічними препаратами. *Аграрні інновації*. 2023. №21. С. 183-187. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.27>

118. Кирнасівська Н.В., Нікітін П.С., Кирнасівський О.О. Аналіз агрометеорологічних умов вегетаційного періоду пшениці озимої на території Вінницької області. *Аграрні інновації*. 2023. №22. С. 55-62.
<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.9>

119. Гасанова І.І., Веклич А.С., Прядко Ю.М. Вплив передпосівного внесення мінеральних добрив на ріст і розвиток рослин пшениці озимої. *Зернові культури*. 2017. Т.1, №1. С. 55-59.

120. Господаренко Г.М., Рябовол Я.С., Черно О.Д., Любич В.В., Крижанівський В.Г. Ріст і розвиток пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від умов мінерального живлення в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського НУС*. 2020. №20. С. 3-8.

121. Панфілова А.В. Наростання надземної маси та формування врожайності зерна пшениці озимої в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. №17. С. 107-112.

122. Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В., Кенєва В.А., Коротка І.О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2021. №8. С. 41-46.

123. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Новак А.В. Стан росту і розвитку рослин пшениці озимої в осінній період вегетації. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2020. Вип. 96, ч.1. С. 84-101.

124. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2004. 808 с.

125. Господаренко Г.М. Агрохімія мінеральних добрив. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2017. 376 с.

126. Медведський О.К. Пшениця озима: біологія та технологія вирощування. Київ: Урожай, 2010. 312 с.

127. Нетіс І.Т. Пшениця озима на півдні України. Херсон: Олді-плюс, 2011. 460 с.

128. Acevedo E., Silva H., Silva P. Tendencias actuales de la investigación de la resistencia aletrés hídrico de las plantas cultivadas. *Bol. Técn. Estación Exp. Agron.*

1998. Vol. 49 (1-2). P. 1-28.

129. Ayalew T., Abebe B., Yoseph, T. (2017). Response of Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Variable Seed Rates: the Case of Hawassa Area, Southern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*. 2017. Vol. 12 (14). P. 1177-1181.

130. Baloch M.S., Shah I.T.H., Nadim M.A., Khan M.I., Khakwani A.A. Effect of Seeding Density, and Planting Time on Growth and Yield Attributes Wheat. *J. Anim. Plant Sci*. 2010. Vol. 20(4). P. 239-240.

131. Longnecker N., Slater J., Robson A. Copper supply and the leaf emergence rate of spring wheat. *Twelfth International Plant Nutrition Colloquium Springer*. 1993. P. 155-156.

132. Ozturk A., Caglar O., Bulut S. (2006). Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *J. Agron. Crop Sci*. 2006. Vol. 192. P. 10-16.

133. Alemayehu A., Wassu M. Effect of Seed Sources and Rates on Productivity of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties at Kersa, Eastern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2019. Vol. 9, No. 3. P. 1-9.

134. Шейко Д.В. Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 115-119. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.18>

135. Господаренко Г.М., Рябовол Я.С., Черно О.Д., Любич В.В., Крижанівський В.Г. Ріст і розвиток пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від умов мінерального живлення в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2. С. 3-8. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-3-8>

136. Сікора А.Г. Формування площі листкової поверхні пшениці ярої залежно від впливу норм мінеральних добрив за різних строків сівби. *Аграрні інновації*. 2024. №26. С. 106-110. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.15>

137. Гораш О.С., Климишена Р.І. Формування площі листкової поверхні та накопичення сухої речовини рослинами ячменю озимого залежно від удобрення.

Вісник аграрної науки. 2013. №12. С. 29-32.

138. Любич В.В., Полянецька І.О. Фотосинтетичні параметри посівів пшениці твердої озимої залежно від сорту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2021. Вип. 98, Ч. 1. С. 288-298.

<https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-98-1-288-298>

139. Моргун В.В., Прядкіна Г.О., Стасик О.О., Зборівська О.В. Асиміляційна поверхня агроценозів та врожайність сучасних сортів пшениці озимої за нетипових погодних умов. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Том 27. С. 259-264. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v27.1335>

140. Мазуренко Б.О., Новицька Н.В. Накопичення абсолютно сухої речовини та чиста продуктивність фотосинтезу посівів тритикале за пізніх осінніх строків сівби та підживлень азотом. *Таврійський науковий вісник*. 2020. №111. С. 105-111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.14>

141. Гамаюнова В.В., Корхова М.М., Панфілова А.В., Смірнова І.В., Коваленко О.А., Хоненко Л.Г. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія. Миколаїв: МНАУ, 2021. 300 с.

142. Гораш О.С., Климишена Р.І. Ячмінь озимий пивоварний: Монографія. Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2017. 216 с.

143. Лихочвор В.В. Продуктивність колоса озимої пшениці. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №14 (213). С. 42–43.

144. Лихочвор В.В. Продуктивність колоса озимої пшениці. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №15-16 (214-215). С. 35–37.

145. Лихочвор В.В. Продуктивність колоса озимої пшениці. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №17 (216). С. 22–24.

146. Вінюков О.О., Лапко О.Б., Бондарева О.Б. Формування показників продуктивності рослинами пшениці озимої різних різновидів залежно від норм висіву в умовах північного Степу України. *Український журнал природничих наук*. 2025. №12. С. 155–162. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.15>

147. Бароболя О.В. Вплив мінеральних добрив та норм висіву насіння на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої (*Tritikum aestivum* L.).

Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2007. №6. С. 96–102.

<https://doi.org/10.21498/2518-1017.6.2007.66042>

148. Гораш О.С., Климишена Р.І. Особливості формування структури врожаю ярого ячменю. *Новітні агротехнології*. Київ, 2014. №1 (2). С. 4–11.

149. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Бойко В.П., Стасінєвич О.Ю. Вплив доз і співвідношень добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник Уманського національного університету*. 2018. №2. С. 76–79.

<https://doi.org/10.31395/2310-0478-2018-21-76-79>

150. Гораш О.С., Климишена Р.І. Ячмінь: управління пивоварною якістю: монографія. Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня Рута», 2020. 260 с.

151. Климишена Р.І. Урожайність зерна ячменю ярого залежно від впливу умов вегетації за різних строків сівби та технологічних факторів. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, №2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339672>

152. Bhatta, M., Eskridge, K.M., Rose, D.J., Santra, D.K., Baenziger, P.S., & Regassa, T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat. *Crop Science*. 2017. Vol. 57, Issue 2. Pp. 951-963. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103>

153. Omara, P., Aula, L., Oyebiyi, F., & Raun W.R. World Cereal Nitrogen Use Efficiency Trends: Review and Current Knowledge. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2019. Vol. 2, Issue 1. Pp. 1-8. <https://doi.org/10.2134/age2018.10.0045>

154. Fageria, N.K., & Baligar, V.C. Enhancing N use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*. 2005. Vol. 88. P. 97–185. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6)

155. Sharma, S., Kaur, G., Singh, P., Alamri, S., Kumar, R., & Siddiqui, M.H. Nitrogen and potassium application effects on productivity, profitability and nutrient use efficiency of irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS ONE*. 2002. 17(5): e0264210. <https://doi.org/10.1371/journal>.

156. Naqeebullah, Manzoor, D., Kaleri, A.A., Kakar, K., Sadiqa, A., Islam, M., Musawwir, A., Ullah, Z., Jamali, A., Sadiq, M., & Adil, S.. Effects of phosphorus application rate on the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak-Euro*

Journal of Medical and Life Sciences. 2024. Vol. 7, No. 2. Pp. 151-158.
<https://doi.org/10.31580/pjmls.v7i2.3020>

157. Wanga, N., Zhipin, Ai., Zhang, Q., Leng, P., Qiao, Y., Li, Z., Tian, C., Cheng, H., Chen, G., & Li, F. Impacts of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) fertilizers on maize yields, nutrient use efficiency, and soil nutrient balance: Insights from a long-term diverse NPK omission experiment in the North China Plain. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 318: 109616. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109616>

158. Whaley, J.M., Sparkes, D.L., Foulkes, M.J., Spink, J.H., Semere, T. & Scott R.K. The physiological response of winter wheat to reductions in plant density. *Annals of Applied Biology*. 2000. Vol. 137, Issue 2. Pp. 165–177. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00048.x>

159. Otteson, B.N., Mergoum, M. & Ransom, J.K. Seeding rate and nitrogen management effects on spring wheat yield and yield components. *Agronomy Journal*. 2007. Vol. 99, Issue 6. Pp. 1615–1621. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0002>

160. Copeland, J.P., Pennington, D., & Singh, M.P. Maximizing winter wheat yield through planting date and seeding rate management. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2023. Vol. 9, Issue 2. e20240. <https://doi.org/10.1002/cft2.20240>

161. Поліщук В.В., Притула Ю.М. Вплив норми висіву на формування продуктивності та якості насіння пшениці озимої. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 122–129. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-122-129>

162. Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 168–178. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178>

163. Господаренко Г.М., Черно О.Д. Якість зерна пшениці озимої за тривалого застосування добрив у польовій сіввозміні. *Вісник Уманського національного університету*. 2016. №1. С. 11-15.

164. Литовченко А.О., Глушко Т.В., Сидякіна О.В. Якість зерна сортів пшениці озимої залежно від факторів та умов року вирощування на півдні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3. С. 101-109.

165. Господаренко Г.Н., Бойко В.П., Стасиневич О.Ю., Черно Е.Д. Вплив доз і співвідношень добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник Уманського НУС*. 2018. №2. С 76-79.

166. Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 168–178. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178>

167. Смірнова І.В. Урожайність та якість сортів пшениці озимої залежно від мінерального живлення. Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія: Екологія. 2015. Т.256, вип. 244. С. 81-84.

168. Дутова Г.А., Києнко З.Б., Павлюк Н.В. Урожайність та якість нових сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) у різних ґрунтово-кліматичних умовах. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. Том 20, №4. С. 227–233. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.4.2024.321923>

169. Сіліфонов Т.В., Господаренко Г.М., Любич В.В., Полянецька І.О., Новіков В.В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівоzmіні. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 146–156.

170. Корхова М.М. Урожайність та якість зерна пшениці озимої за вирощування в умовах Південного Степу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. Том 25, №4. С. 82–86. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.4\(25\).2014.55985](https://doi.org/10.21498/2518-1017.4(25).2014.55985)

171. Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В., Кенєва В.А., Коротка І.О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2021. №8. С. 41-46. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.6>

172. Шевчук М.Й., Лукашук Л.Я., Злотенко О.Ю. Вплив співвідношення між азотом та калієм у системах удобрення пшениці озимої на її продуктивність та якість зерна. *Аграрні інновації*. 2024. №25. С. 108-112.

173. Vagusevičienė, I., Jodaugienė, D., Čepulienė, R., Mažuolytė-Miškinė, E. The Influence Of Sowing Date And Seed Rate On Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Productivity. *Proceedings of the 11th International Scientific Conference Rural*

Development. 2023. <https://doi.org/10.15544/RD.2023.009>

174. Zecevic, V., Bošković, J.Z., Knezevic, D., Micanovic, D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2014. Vol. 74(1). P. 23-28. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>

175. Wang, Y., Li, W., Deng, Y., Xue, J., Gao, Z. Higher Seed Rates Enlarge the Effects of Wide-Belt Sowing on Root Length Density, Thereby Improving Nitrogen Uptake and Use Efficiencies in Winter Wheat. *Plants (Basel)*. 2024. Vol. 13(17). P. 2476. <https://doi.org/10.3390/plants13172476>

176. Гречишкіна Т.А. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від системи удобрення та методів захисту рослин в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. №122. С. 10-17.

177. Ящук Т.С., Самець Н.П., Грицевич Ю.С., Музика О.М. Економічна ефективність вирощування нових вітчизняних сортів пшениці озимої за різних строків сівби в умовах західного Лісостепу України. *Інноваційна економіка*. 2024. Вип. 1. С. 161-172. <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2024.1.19>

178. Савранчук В.В., Мостіпан М.І., Умрихін Н.Л., Ліман П.Б. Продуктивність озимої пшениці залежно від технологічних прийомів вирощування в Північному Степу України. *Вісник Степу: наук. зб. – Ювілейний випуск до 100-річчя Кіровоградського інституту АПВ*. Кіровоград : КОД, 2012. С. 34-43.

179. Гамаюнова В.В., Смірнова І.В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. *Наукові горизонти*. 2018. №1(64). С. 10-14.

180. Дегодюк С.Е., Мулярчук А.О. Урожайність та енергетична ефективність в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення в умовах північної частини Лісостепу. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 21–27.

181. Карашук Г.В., Федоненко Г.Ю. Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої твердої на півдні України залежно від технологічних прийомів. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 4-5 березня 2021 р.)*. Біла Церква: БНАУ, 2021. С.170-173.

ДОДАТКИ

Погодні умови в роки проведення досліджень

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С			Середньобаторічна температура, °С	Опади, мм			Середньобаторічні опади, мм
	2022 / 2023	2023 / 2024	2024 / 2025		2022 / 2023	2023 / 2024	2024 / 2025	
Вересень	12,7	18,4	18,1	14,1	160,6	14,8	94,7	48
Жовтень	10,3	11,1	8,7	8,6	14,1	37,1	19,5	31
Листопад	3,8	3,6	1,8	2,7	34,8	40,7	21,9	44
Грудень	-0,2	0,6	0,2	-1,8	27,8	48,4	23,8	39
Січень	1,4	-1,9	1,4	-4,9	20,3	28,0	9,6	35
Лютий	0,3	4,7	-3,1	-3,6	33,8	38,3	5,7	38
Березень	4,4	5,2	6,8	0,9	30,6	35,8	34,7	33
Квітень	7,8	11,9	10,1	8,5	84,1	66,9	16,2	48
Травень	14,6	15,3	11,1	14,3	7,9	25,1	77,7	70
Червень	17,8	19,8	18,7	17,6	76,2	45,7	14,8	88
Липень	20,3	22,3	20,1	18,8	29,7	60,0	102,2	80

**Формування польової схожості насіння пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву, %**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	92,00	88,67	94,67	92,33	89,67	94,67
	350	92,29	90,00	95,43	92,29	89,43	94,86
	400	92,75	89,75	95,00	93,00	89,50	94,75
	450	92,22	90,00	94,22	92,89	90,22	94,89
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	93,33	90,67	96,00	94,33	91,00	96,33
	350	93,71	90,86	96,29	93,14	90,86	96,00
	400	93,75	91,25	96,00	94,00	91,00	96,00
	450	93,33	91,11	96,00	93,56	91,33	95,56
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	93,67	91,00	96,33	93,33	90,67	95,33
	350	94,00	91,14	96,00	94,00	91,14	96,29
	400	93,75	90,75	95,50	93,75	91,75	95,25
	450	94,00	91,33	96,22	92,89	91,11	96,00
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	94,33	91,00	96,00	93,67	91,00	95,33
	350	93,14	90,86	96,29	93,71	90,86	96,57
	400	94,00	91,00	95,75	94,50	91,50	95,25
	450	93,11	90,89	95,56	93,11	91,33	95,56

Математична обробка даних польової схожості пшениці озимої сорту

Бодицек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Бодицек) (ПЧН) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07792, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 92,250	{2} 93,525	{3} 93,640	{4} 93,495
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000237	0,000153	0,000321
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000237		0,574606	0,882683
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000153	0,574606		0,500051
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000321	0,882683	0,500051	

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Бодицек) (ПЧН) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07792, df = 9,0000			
	Норма добрив	Псн 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	92,25000		****
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	93,49500	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	93,52500	****	
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	93,64000	****	

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Бодицек) (ПЧН) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07792, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 93,140	{2} 93,332	{3} 93,270	{4} 93,167
1	300		0,384282	0,544392	0,892404
2	350	0,384282		0,758879	0,444526
3	400	0,544392	0,758879		0,616243
4	450	0,892404	0,444526	0,616243	

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Бодицек) (ПЧН) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07792, df = 9,0000			
	Норма висіву	Псн 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	
1	300	93,14000	****	
4	450	93,16750	****	
3	400	93,27000	****	
2	350	93,33250	****	

**Математична обробка даних польової схожості пшениці озимої сорту Реформ
методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Реформ) (ПЧН) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07315, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 92,375	{2} 93,593	{3} 93,457	{4} 93,530
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000258	0,000480	0,000331
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000258		0,516541	0,751428
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000480	0,516541		0,713558
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000331	0,751428	0,713558	

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Реформ) (ПЧН) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07315, df = 9,0000			
	Норма добрив	Псн 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	92,37500		****
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	93,45750	****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	93,53000	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	93,59250	****	

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Реформ) (ПЧН) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07315, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 93,138	{2} 93,260	{3} 93,355	{4} 93,203
1	300		0,555279	0,314242	0,741891
2	350	0,555279		0,631442	0,770651
3	400	0,314242	0,631442		0,465131
4	450	0,741891	0,770651	0,465131	

Cell No.	Duncan test; variable Псн 2022-2024 (Реформ) (ПЧН) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07315, df = 9,0000			
	Норма висіву	Псн 2023-2025 (Реформ) Mean	1	
1	300	93,13750	****	
4	450	93,20250	****	
2	350	93,26000	****	
3	400	93,35500	****	

Формування перезимівлі рослин пшениці озимої під впливом мінеральних добрив та норм висіву, %

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	90,22	91,67	90,39	91,34	91,45	90,43
	350	90,31	91,40	90,69	91,33	91,64	90,66
	400	89,76	90,76	89,95	90,27	90,48	89,87
	450	89,88	90,55	89,60	89,95	90,39	90,12
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	92,50	93,01	92,33	92,88	93,38	91,70
	350	92,64	93,67	92,24	92,94	93,40	91,94
	400	91,69	93,09	91,60	91,42	91,69	91,03
	450	91,43	92,89	91,20	90,95	91,22	91,10
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	92,86	93,36	92,04	92,50	92,96	91,93
	350	92,71	93,69	92,19	92,07	93,08	91,64
	400	91,71	92,29	91,34	91,20	91,28	91,01
	450	91,45	92,42	91,22	91,33	91,40	91,12
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	93,24	93,38	91,99	92,81	92,67	91,96
	350	93,23	93,69	92,24	92,38	93,40	92,24
	400	91,20	93,07	91,38	91,22	91,51	90,98
	450	91,41	92,89	91,84	91,15	90,98	90,87

Математична обробка даних перезимівлі рослин пшениці озимої сорту**Бодицек методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Бодицек) (ПЗР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01852, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 90,433	{2} 92,357	{3} 92,273	{4} 92,463
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000092	0,000210	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000092		0,400230	0,303690
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000210	0,400230		0,091325
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,303690	0,091325	

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Бодицек) (ПЗР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01852, df = 9,0000			
	Норма добрив	Пзр 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	90,43250		****
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	92,27250	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	92,35750	****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	92,46250	****	

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Бодицек) (ПЗР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01852, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 92,248	{2} 92,390	{3} 91,487	{4} 91,400
1	300		0,172940	0,000223	0,000099
2	350	0,172940		0,000095	0,000071
3	400	0,000223	0,000095		0,387080
4	450	0,000099	0,000071	0,387080	

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Бодицек) (ПЗР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01852, df = 9,0000			
	Норма висіву	Пзр 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2
4	450	91,40000	****	
3	400	91,48750	****	
1	300	92,24750		****
2	350	92,39000		****

Математична обробка даних перезимівлі рослин пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Реформ) (ПЗР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03171, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 90,660	{2} 91,970	{3} 91,790	{4} 91,847
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000071	0,000213	0,000095
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000071		0,204602	0,356223
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000213	0,204602		0,658917
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000095	0,356223	0,658917	

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Реформ) (ПЗР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03171, df = 9,0000			
	Норма добрив	Пзр 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	90,66000		****
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	91,79000	****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	91,84750	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	91,97000	****	

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Реформ) (ПЗР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03171, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 92,165	{2} 92,225	{3} 90,997	{4} 90,880
1	300		0,645251	0,000212	0,000093
2	350	0,645251		0,000094	0,000071
3	400	0,000212	0,000094		0,375280
4	450	0,000093	0,000071	0,375280	

Cell No.	Duncan test; variable Пзр 2023-2025 (Реформ) (ПЗР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03171, df = 9,0000			
	Норма висіву	Пзр 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2
4	450	90,88000	****	
3	400	90,99750	****	
1	300	92,16500		****
2	350	92,22500		****

**Формування загального виживання рослин пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву, %**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	79,00	77,00	79,67	77,67	76,33	78,33
	350	78,00	77,43	79,43	78,29	76,57	78,57
	400	76,75	75,25	77,75	76,75	74,75	77,50
	450	76,67	75,78	77,11	76,00	74,67	76,89
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	84,00	83,33	85,00	84,00	82,67	84,33
	350	83,71	82,57	84,86	84,86	83,14	85,14
	400	83,25	81,25	83,50	82,50	81,00	83,25
	450	83,56	81,78	83,78	82,44	81,56	82,67
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	84,67	84,00	85,33	83,00	82,33	83,67
	350	84,57	83,43	84,86	84,00	82,86	84,86
	400	83,50	81,50	83,75	82,25	81,75	82,75
	450	82,89	81,56	83,33	82,89	82,00	83,11
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	84,33	83,67	85,00	84,67	83,33	85,00
	350	84,00	82,86	84,57	84,29	83,14	84,57
	400	82,75	80,75	83,25	83,00	81,50	83,50
	450	82,67	81,11	83,56	82,44	82,00	82,89

**Математична обробка даних загального виживання рослин пшениці озимої
сорту Бодицек методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Бодицек) (ЗВР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06208, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 77,487	{2} 83,383	{3} 83,618	{4} 83,207
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000092	0,000070	0,000210
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000092		0,215146	0,346676
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000070	0,215146		0,052801
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000210	0,346676	0,052801	

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Бодицек) (ЗВР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06208, df = 9,0000			
	Норма добрив	Звр 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	77,48750		****
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	83,20750	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	83,38250	****	
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	83,61750	****	

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Бодицек) (ЗВР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06208, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 82,918	{2} 82,525	{3} 81,105	{4} 81,148
1	300		0,053025	0,000071	0,000093
2	350	0,053025		0,000113	0,000225
3	400	0,000071	0,000113		0,814919
4	450	0,000093	0,000225	0,814919	

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Бодицек) (ЗВР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06208, df = 9,0000			
	Норма висіву	Звр 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2
3	400	81,10500	****	
4	450	81,14750	****	
2	350	82,52500		****
1	300	82,91750		****

**Математична обробка даних загального виживання рослин пшениці озимої
сорту Реформ методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Реформ) (ЗВР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,11258, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 76,857	{2} 83,130	{3} 82,955	{4} 83,360
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000092	0,000210	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000092		0,479739	0,357843
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000210	0,479739		0,136803
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,357843	0,136803	

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Реформ) (ЗВР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,11258, df = 9,0000			
	Норма добрив	Звр 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	76,85750		****
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	82,95500	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	83,13000	****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	83,36000	****	

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Реформ) (ЗВР) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,11258, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 82,110	{2} 82,523	{3} 80,875	{4} 80,795
1	300		0,116264	0,000722	0,000540
2	350	0,116264		0,000175	0,000134
3	400	0,000722	0,000175		0,743856
4	450	0,000540	0,000134	0,743856	

Cell No.	Duncan test; variable Звр 2023-2025 (Реформ) (ЗВР) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,11258, df = 9,0000			
	Норма висіву	Звр 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2
4	450	80,79500	****	
3	400	80,87500	****	
1	300	82,11000		****
2	350	82,52250		****

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на
виживання рослин пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for 3вр 2023-2025 (Бодицек) (3BP) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	107384,0	1	107384,0	1729908	0,000000
Норма добрив	105,3	3	35,1	565	0,000000
Норма висіву	10,5	3	3,5	56	0,000004
Error	0,6	9	0,1		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	105,3	90,46
Норма висіву	10,5	9,02
Інші фактори	0,6	0,52
	116,4	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на
виживання рослин пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for 3вр 2023-2025 (Реформ) (3BP) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	106473,3	1	106473,3	945723,2	0,000000
Норма добрив	119,1	3	39,7	352,5	0,000000
Норма висіву	9,1	3	3,0	27,0	0,000078
Error	1,0	9	0,1		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	119,1	92,18
Норма висіву	9,1	7,04
Інші фактори	1,0	0,78
	129,2	100%

**Формування кількості рослин пшениці озимої під впливом мінеральних
добрив та норм висіву, шт.**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	237	231	239	233	229	235
	350	273	271	278	274	268	275
	400	307	301	311	307	299	310
	450	345	341	347	342	336	346
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	252	250	255	252	248	253
	350	293	289	297	297	291	298
	400	333	325	334	330	324	333
	450	376	368	377	371	367	372
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	254	252	256	249	247	251
	350	296	292	297	294	290	297
	400	334	326	335	329	327	331
	450	373	367	375	373	369	374
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	253	251	255	254	250	255
	350	294	290	296	295	291	296
	400	331	323	333	332	326	334
	450	372	365	376	371	369	373

**Математична обробка даних кількості рослин пшениці озимої сорту Бодицек
методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Бодицек) (KP) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 7,2847, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 290,00	{2} 312,50	{3} 313,25	{4} 311,50
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000092	0,000070	0,000210
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000092		0,703641	0,613117
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000070	0,703641		0,403234
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000210	0,613117	0,403234	

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Бодицек) (KP) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,2847, df = 9,0000			
	Норма добрив	Kp 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	290,0000		****
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	311,5000	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	312,5000	****	
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	313,2500	****	

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Бодицек) (KP) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 7,2847, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 248,75	{2} 288,75	{3} 324,50	{4} 365,25
1	300		0,000210	0,000092	0,000070
2	350	0,000210		0,000210	0,000092
3	400	0,000092	0,000210		0,000210
4	450	0,000070	0,000092	0,000210	

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Бодицек) (KP) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,2847, df = 9,0000					
	Норма висіву	Kp 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	300	248,7500	****			
2	350	288,7500		****		
3	400	324,5000			****	
4	450	365,2500				****

**Математична обробка даних кількості рослин пшениці озимої сорту Реформ
методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Реформ) (KP) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,4444, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 287,50	{2} 311,25	{3} 311,00	{4} 312,25
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000092	0,000210	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000092		0,892446	0,591208
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000210	0,892446		0,522096
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,591208	0,522096	

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Реформ) (KP) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 6,4444, df = 9,0000			
	Норма добрив	Kp 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2
1	N ₀ P ₀ K ₀	287,5000		****
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	311,0000	****	
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	311,2500	****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	312,2500	****	

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Реформ) (KP) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,4444, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 246,25	{2} 288,75	{3} 323,50	{4} 363,50
1	300		0,000210	0,000092	0,000070
2	350	0,000210		0,000210	0,000092
3	400	0,000092	0,000210		0,000210
4	450	0,000070	0,000092	0,000210	

Cell No.	Duncan test; variable Kp 2023-2025 (Реформ) (KP) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 6,4444, df = 9,0000					
	Норма висіву	Kp 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	300	246,2500	****			
2	350	288,7500		****		
3	400	323,5000			****	
4	450	363,5000				****

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на кількість
рослин пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Kp 2023-2025 (Бодицек) (KP) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1506143	1	1506143	206753,6	0,000000
Норма добрив	1514	3	505	69,3	0,000002
Норма висіву	29701	3	9900	1359,1	0,000000
Error	66	9	7		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	1514	4,84
Норма висіву	29701	94,95
Інші фактори	66	0,21
	31281	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на кількість
рослин пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Kp 2023-2025 (Реформ) (KP) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1493284	1	1493284	231716,5	0,000000
Норма добрив	1732	3	577	89,6	0,000001
Норма висіву	29917	3	9972	1547,4	0,000000
Error	58	9	6		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	1732	5,46
Норма висіву	29917	94,36
Інші фактори	58	0,18
	31707	100%

**Формування кількості продуктивних пагонів пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву, шт./м²**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	313	298	321	348	334	350
	350	332	313	343	368	353	374
	400	355	337	367	392	379	400
	450	377	361	386	419	406	428
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	417	399	428	460	445	467
	350	437	418	448	479	468	485
	400	462	441	474	499	486	506
	450	486	466	498	525	508	533
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	527	508	539	566	552	573
	350	548	529	563	588	570	597
	400	575	554	591	613	595	623
	450	605	586	622	643	628	652
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	623	603	637	663	647	673
	350	647	626	664	688	670	699
	400	675	654	694	719	699	730
	450	711	686	728	755	735	767

**Математична обробка даних кількості продуктивних пагонів пшениці озимої
сорту Бодицек методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Бодицек) (КПП) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 19,340, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 342,00	{2} 447,75	{3} 562,25	{4} 662,25
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000210
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000210	

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Бодицек) (КПП) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 19,340, df = 9,0000					
	Норма добрив	Кпс 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	342,0000	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	447,7500		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	562,2500			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	662,2500				****

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Бодицек) (КПП) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 19,340, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 468,00	{2} 489,00	{3} 514,75	{4} 542,50
1	300		0,000271	0,000092	0,000070
2	350	0,000271		0,000218	0,000092
3	400	0,000092	0,000218		0,000214
4	450	0,000070	0,000092	0,000214	

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Бодицек) (КПП) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 19,340, df = 9,0000					
	Норма висіву	Кпс 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	300	468,0000	****			
2	350	489,0000		****		
3	400	514,7500			****	
4	450	542,5000				****

**Математична обробка даних кількості продуктивних пагонів пшениці озимої
сорту Реформ методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Реформ) (КПП) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 22,785, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 379,25	{2} 488,25	{3} 600,00	{4} 703,75
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000210
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000210	

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Реформ) (КПП) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 22,785, df = 9,0000					
	Норма добрив	Кпс 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	379,2500	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	488,2500		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	600,0000			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	703,7500				****

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Реформ) (КПП) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 22,785, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 506,50	{2} 528,25	{3} 553,25	{4} 583,25
1	300		0,000303	0,000092	0,000070
2	350	0,000303		0,000236	0,000092
3	400	0,000092	0,000236		0,000214
4	450	0,000070	0,000092	0,000214	

Cell No.	Duncan test; variable Кпс 2023-2025 (Реформ) (КПП) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 22,785, df = 9,0000					
	Норма висіву	Кпс 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	300	506,5000	****			
2	350	528,2500		****		
3	400	553,2500			****	
4	450	583,2500				****

Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на кількість продуктивних пагонів пшениці озимої сорту Бодицек

Effect	Univariate Tests of Significance for Knc 2023-2025 (Бодицек) (КПП) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4057203	1	4057203	209780,0	0,000000
Норма добрив	231374	3	77125	3987,8	0,000000
Норма висіву	12472	3	4157	215,0	0,000000
Error	174	9	19		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	231374	94,82
Норма висіву	12472	5,11
Інші фактори	174	0,07
	244020	100%

Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на кількість продуктивних пагонів пшениці озимої сорту Реформ

Effect	Univariate Tests of Significance for Knc 2023-2025 (Реформ) (КПП) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4714327	1	4714327	206907,4	0,000000
Норма добрив	235604	3	78535	3446,8	0,000000
Норма висіву	13099	3	4366	191,6	0,000000
Error	205	9	23		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	235604	94,66
Норма висіву	13099	5,26
Інші фактори	205	0,08
	248908	100%

Математична модель залежності кількості продуктивних пагонів пшениці озимої сорту Бодицек від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння

Multiple Regression Results

Dependent: **Knc 2023-2025** Multiple R = **,97492708** F = **124,7676**
R² = **,95048282** df = **2,13**
No. of cases: **16** adjusted R² = **,94286479** p = **,000000**
Standard error of estimate: **30,487297691**
Intercept: **134,43750000** Std. Error: **53,03572** t(**13**) = **2,5348** p = **,0249**

НД $b^* = ,948$

HB $b^*=,226$

N=16	Regression Summary for Dependent Variable: Кпс 2023-2025 (Бодицек) (КПП) R= ,97492708 R?= ,95048282 Adjusted R?= ,94286479 F(2,13)=124,77 p						
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(13)	p-value	
	Intercept		134,4375	53,03572	2,53485	0,024896	
	НД	0,948454	0,061717	1,6194	0,10538	15,36773	0,000000
	НВ	0,225651	0,061717	0,4985	0,13634	3,65621	0,002903

$$K_{пп} \text{ (Бодицек)} = 134,4375 + 1,6194 N_d + 0,4985 N_v$$

	Predicted & Residual Values Кnc 2023-2025 (Бодицек)								
	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val	Mahalanob is Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
1	311,000000	283,987488	27,012512	-1,765809	0,886025	17,412748	3,955645	40,090382	0,188026
2	329,000000	308,912506	20,087494	-1,565364	0,658881	14,500217	2,455645	25,959867	0,054671
3	353,000000	333,837494	19,162506	-1,364918	0,628541	14,500217	2,455645	24,764469	0,049752
4	375,000000	358,762512	16,237488	-1,164473	0,532598	17,412748	3,955645	24,098724	0,067940
5	415,000000	454,029175	-39,029175	-0,398344	-1,280178	12,778217	1,697581	-47,346661	0,141228
6	434,000000	478,954163	-44,954163	-0,197899	-1,474521	8,386614	0,197581	-48,634430	0,064190
7	459,000000	503,879181	-44,879181	0,002547	-1,472062	8,386614	0,197581	-48,553307	0,063976
8	483,000000	528,804138	-45,804138	0,202992	-1,502401	12,778217	1,697581	-55,565434	0,194515
9	525,000000	526,904175	-1,904175	0,187712	-0,062458	13,351943	1,939516	-2,356072	0,000382
10	547,000000	551,829163	-4,829163	0,388158	-0,158399	9,237252	0,439516	-5,317296	0,000931
11	573,000000	576,754150	-3,754150	0,588603	-0,123138	9,237252	0,439516	-4,133621	0,000563
12	604,000000	601,679138	2,320862	0,789048	0,076126	13,351943	1,939516	2,871647	0,000567
13	621,000000	599,779175	21,220825	0,773769	0,696055	15,435041	2,907258	28,534781	0,074846
14	646,000000	624,704163	21,295837	0,974214	0,698515	12,053754	1,407258	25,241520	0,035717
15	674,000000	649,629150	24,370850	1,174659	0,799377	12,053754	1,407258	28,886271	0,046777
16	708,000000	674,554138	33,445862	1,375105	1,097043	15,435041	2,907258	44,973289	0,185921

Математична модель залежності кількості продуктивних пагонів пшениці озимої сорту Реформ від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння

Multiple Regression Results

Dependent: **Kmc 2023-2025** Multiple R = **,97585669** F = **129,7577**
R² = **,95229627** df = **2,13**
No. of cases: **16** adjusted R² = **,94495724** p = **,000000**
Standard error of estimate: **30,22075238**
Intercept: **167,33266129** Std. Error: **52,57434** t(**13**) = **3,1828** p = **,0072**

НД $b^* = ,949$

HB b*=,229

N=16	Regression Summary for Dependent Variable: Кnc 2023-2025 (Реформ) (КПП) R= ,97585669 R?= ,95229627 Adjusted R?= ,94495724 F(2,13)=129,76 p						
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(13)	p-value	
	Intercpt		167,3327	52,57434	3,18278	0,007202	
	HD	0,948655	0,060577	1,6359	0,10446	15,66043	0,000000
	HB	0,228803	0,060577	0,5105	0,13516	3,77708	0,002306

$$K_{пп}(\text{Реформ}) = 167,3327 + 1,6359 H_d + 0,5105 H_v$$

	Predicted & Residual Values Knc 2023-2025 (Решорм)								
	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val	Mahalanob is Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
1	344,000000	320,482666	23,517334	-1,768632	0,778151	17,261269	3,955645	34,903046	0,145029
2	365,000000	346,007660	18,992340	-1,565581	0,628426	14,374074	2,455645	24,544558	0,049734
3	390,000000	371,532654	18,467346	-1,362530	0,611055	14,374074	2,455645	23,866087	0,047022
4	418,000000	397,057648	20,942352	-1,159479	0,692949	17,261269	3,955645	31,081408	0,115008
5	457,000000	492,255524	-35,255524	-0,402180	-1,166549	12,667054	1,697581	-42,768806	0,117270
6	477,000000	517,780518	-40,780518	-0,199129	-1,349362	8,313656	0,197581	-44,119099	0,053755
7	497,000000	543,305481	-46,305481	0,003922	-1,532174	8,313656	0,197581	-50,096375	0,069307
8	522,000000	568,830505	-46,830505	0,206973	-1,549546	12,667054	1,697581	-56,810528	0,206914
9	564,000000	565,872437	-1,872437	0,183442	-0,061956	13,235788	1,939516	-2,316802	0,000376
10	585,000000	591,397461	-6,397461	0,386493	-0,211682	9,156894	0,439516	-7,044118	0,001662
11	610,000000	616,922424	-6,922424	0,589544	-0,229052	9,156894	0,439516	-7,622145	0,001946
12	641,000000	642,447449	-1,447449	0,792595	-0,047894	13,235788	1,939516	-1,790956	0,000225
13	661,000000	639,489380	21,510620	0,769064	0,711752	15,300765	2,907258	28,924456	0,078260
14	686,000000	665,014404	20,985596	0,972115	0,694380	11,948894	1,407258	24,873798	0,035296
15	716,000000	690,539368	25,460632	1,175166	0,842452	11,948894	1,407258	30,177967	0,051954
16	752,000000	716,064392	35,935608	1,378217	1,189052	15,300765	2,907258	48,321148	0,218415

**Формування продуктивного кушення пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	1,32	1,29	1,34	1,49	1,46	1,49
	350	1,22	1,15	1,23	1,34	1,32	1,36
	400	1,16	1,12	1,18	1,28	1,27	1,29
	450	1,09	1,06	1,11	1,23	1,21	1,24
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	1,65	1,60	1,68	1,83	1,79	1,85
	350	1,49	1,45	1,51	1,61	1,61	1,63
	400	1,39	1,36	1,42	1,51	1,50	1,52
	450	1,29	1,27	1,32	1,42	1,38	1,43
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	2,07	2,02	2,11	2,27	2,23	2,28
	350	1,85	1,81	1,90	2,00	1,97	2,01
	400	1,72	1,70	1,76	1,86	1,82	1,88
	450	1,62	1,60	1,66	1,72	1,70	1,74
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	2,46	2,40	2,50	2,61	2,59	2,64
	350	2,20	2,16	2,24	2,33	2,30	2,36
	400	2,04	2,02	2,08	2,17	2,14	2,19
	450	1,91	1,88	1,94	2,04	1,99	2,06

Математична обробка даних продуктивного кушення пшениці озимої сорту

Бодицек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Бодицек) (КПК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00329, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 1,1900	{2} 1,4500	{3} 1,8200	{4} 2,1525
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000307	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000307		0,000213	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000213		0,000219
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000219	

Cell No.	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Бодицек) (КПК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00329, df = 9,0000					
	Норма добрив	Кпк 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	1,190000	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,450000		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,820000			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	2,152500				****

Cell No.	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Бодицек) (КПК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00329, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 1,8700	{2} 1,6825	{3} 1,5800	{4} 1,4800
1	300		0,001397	0,000159	0,000076
2	350	0,001397		0,032529	0,001033
3	400	0,000159	0,032529		0,035971
4	450	0,000076	0,001033	0,035971	

Cell No.	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Бодицек) (КПК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00329, df = 9,0000					
	Норма висіву	Кпк 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	450	1,480000	****			
3	400	1,580000		****		
2	350	1,682500			****	
1	300	1,870000				****

Математична обробка даних продуктивного кушення пшениці озимої сорту**Реформ методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Реформ) (КПК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00407, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 1,3325	{2} 1,5900	{3} 1,9550	{4} 2,2850
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000462	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000462		0,000220	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000220		0,000239
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000239	

	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Реформ) (КПК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00407, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	Кпк 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	1,332500	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,590000		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,955000			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	2,285000				****

Cell No.	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Реформ) (КПК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00407, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 2,0425	{2} 1,8200	{3} 1,7025	{4} 1,5975
1	300		0,000965	0,000129	0,000075
2	350	0,000965		0,028630	0,001113
3	400	0,000129	0,028630		0,045023
4	450	0,000075	0,001113	0,045023	

	Duncan test; variable Кпк 2023-2025 (Реформ) (КПК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00407, df = 9,0000					
Cell No.	Норма висіву	Кпк 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	450	1,597500	****			
3	400	1,702500		****		
2	350	1,820000			****	
1	300	2,042500				****

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на
продуктивне кушення пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Кпк 2023-2025 (Бодицек) (КПК) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	43,72516	1	43,72516	13292,00	0,000000
Норма добрив	2,13187	3	0,71062	216,02	0,000000
Норма висіву	0,33287	3	0,11096	33,73	0,000032
Error	0,02961	9	0,00329		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	2,13187	85,47
Норма висіву	0,33287	13,34
Інші фактори	0,02961	1,19
	2,49435	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на
продуктивне кушення пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Кпк 2023-2025 (Реформ) (КПК) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	51,30141	1	51,30141	12612,95	0,000000
Норма добрив	2,08622	3	0,69541	170,97	0,000000
Норма висіву	0,43747	3	0,14582	35,85	0,000025
Error	0,03661	9	0,00407		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	2,08622	81,48
Норма висіву	0,43747	17,09
Інші фактори	0,03661	1,43
	2,5603	100%

**Формування площі листкової поверхні пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	82,33	79,00	85,00	76,00	72,67	78,33
	350	78,29	75,14	80,57	72,29	69,14	74,29
	400	75,00	72,00	77,25	69,25	66,00	71,50
	450	71,78	68,89	74,00	66,44	63,56	68,44
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	117,67	114,67	120,00	110,33	106,67	113,00
	350	111,71	108,86	113,71	104,57	101,43	106,86
	400	106,00	103,75	107,50	99,50	96,50	101,50
	450	100,67	98,00	102,44	94,44	91,56	96,44
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	145,00	141,33	148,00	137,00	132,67	140,33
	350	137,71	134,29	140,29	129,71	126,57	132,00
	400	130,50	128,00	132,25	123,25	120,50	125,00
	450	123,56	121,11	125,33	117,11	114,44	118,89
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	165,33	162,00	168,00	156,33	152,33	159,33
	350	156,57	153,43	158,86	147,71	145,14	149,43
	400	148,00	145,50	149,75	139,75	137,00	141,50
	450	140,44	137,78	142,44	132,22	130,00	133,56

Математична обробка даних площі листкової поверхні пшениці озимої сорту**Бодицек методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Бодицек) (Площа лп) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 7,2441, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 76,605	{2} 108,75	{3} 133,95	{4} 152,34
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000211
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000211	

	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Бодицек) (Площа лп) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,2441, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	Плп 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	76,6050	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	108,7475		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	133,9475			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	152,3425				****

Cell No.	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Бодицек) (Площа лп) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 7,2441, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 127,36	{2} 120,79	{3} 114,63	{4} 108,87
1	300		0,007399	0,000201	0,000076
2	350	0,007399		0,010358	0,000275
3	400	0,000201	0,010358		0,014558
4	450	0,000076	0,000275	0,014558	

	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Бодицек) (Площа лп) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,2441, df = 9,0000					
Cell No.	Норма висіву	Плп 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	450	108,8700	****			
3	400	114,6250		****		
2	350	120,7875			****	
1	300	127,3600				****

Математична обробка даних площі листкової поверхні пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Реформ) (Площа лп) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 7,1551, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 70,660	{2} 101,90	{3} 126,46	{4} 143,69
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000213
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000213	

	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Реформ) (Площа лп) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,1551, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	Плп 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	70,6600	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	101,9025		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	126,4575			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	143,6950				****

Cell No.	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Реформ) (Площа лп) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 7,1551, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 119,59	{2} 113,26	{3} 107,61	{4} 102,26
1	300		0,008781	0,000260	0,000079
2	350	0,008781		0,015374	0,000407
3	400	0,000260	0,015374		0,019979
4	450	0,000079	0,000407	0,019979	

	Duncan test; variable Плп 2023-2025 (Реформ) (Площа лп) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,1551, df = 9,0000					
Cell No.	Норма висіву	Плп 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	450	102,2600	****			
3	400	107,6075		****		
2	350	113,2625			****	
1	300	119,5850				****

**Формування маси сухої речовини пшениці озимої під впливом мінеральних
добрив та норм висіву**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	0,56	0,51	0,59	0,53	0,47	0,57
	350	0,52	0,46	0,56	0,48	0,41	0,53
	400	0,49	0,42	0,53	0,44	0,39	0,47
	450	0,46	0,38	0,50	0,41	0,35	0,45
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	0,96	0,90	1,01	0,93	0,88	0,96
	350	0,93	0,85	0,96	0,89	0,83	0,93
	400	0,88	0,81	0,92	0,84	0,78	0,87
	450	0,83	0,77	0,88	0,80	0,73	0,83
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	1,30	1,23	1,34	1,26	1,19	1,30
	350	1,24	1,17	1,27	1,21	1,13	1,25
	400	1,19	1,13	1,22	1,16	1,10	1,19
	450	1,15	1,08	1,19	1,10	1,03	1,14
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	1,58	1,52	1,61	1,55	1,49	1,58
	350	1,51	1,44	1,55	1,49	1,41	1,53
	400	1,45	1,37	1,49	1,44	1,37	1,48
	450	1,40	1,33	1,43	1,39	1,33	1,42

Математична обробка даних маси сухої речовини пшениці озимої сорту

Бодичек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Msp 2023-2025 (Бодичек) (Маса ср) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00022, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} ,49750	{2} ,89250	{3} 1,2100	{4} 1,4750
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000210
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000210	

	Duncan test; variable Mср 2023-2025 (Бодицек) (Маса ср) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00022, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	Mср 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	0,497500	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,892500		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,210000			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	1,475000				****

Cell No.	Duncan test; variable Msp 2023-2025 (Бодичек) (Маса ср) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00022, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 1,0925	{2} 1,0375	{3} ,99250	{4} ,95250
1	300		0,000690	0,000094	0,000070
2	350	0,000690		0,002158	0,000112
3	400	0,000094	0,002158		0,004259
4	450	0,000070	0,000112	0,004259	

	Duncan test; variable Mср 2023-2025 (Бодицек) (Маса ср) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00022, df = 9,0000					
Cell No.	Норма висіву	Mср 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	450	0,952500	****			
3	400	0,992500		****		
2	350	1,037500			****	
1	300	1,092500				****

Математична обробка даних маси сухої речовини пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable M _{cp} 2023-2025 (Реформ) (Maca cp) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00009, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} ,45500	{2} ,85500	{3} 1,1725	{4} 1,4575
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000210
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000210	

	Duncan test; variable M _{cp} 2023-2025 (Реформ) (Maca cp) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00009, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	M _{cp} 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	0,455000	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,855000		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,172500			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	1,457500				****

Cell No.	Duncan test; variable M _{cp} 2023-2025 (Реформ) (Maca cp) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00009, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 1,0575	{2} 1,0075	{3} ,96000	{4} ,91500
1	300		0,000233	0,000092	0,000070
2	350	0,000233		0,000247	0,000092
3	400	0,000092	0,000247		0,000271
4	450	0,000070	0,000092	0,000271	

	Duncan test; variable M _{cp} 2023-2025 (Реформ) (Maca cp) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00009, df = 9,0000					
Cell No.	Норма висіву	M _{cp} 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	450	0,915000	****			
3	400	0,960000		****		
2	350	1,007500			****	
1	300	1,057500				****

**Формування кількості зерен в колосі пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву, шт.**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	32,72	32,21	33,14	32,03	31,72	32,25
	350	32,22	31,73	32,57	31,53	31,20	31,85
	400	31,60	31,14	31,88	30,96	30,65	31,24
	450	30,74	30,28	31,05	30,11	29,77	30,40
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	32,37	31,97	32,65	31,67	31,35	31,95
	350	31,73	31,28	32,06	31,09	30,75	31,35
	400	30,94	30,47	31,30	30,36	30,00	30,69
	450	29,99	29,52	30,29	29,49	29,20	29,71
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	31,83	31,40	32,13	31,20	30,89	31,44
	350	31,11	30,73	31,42	30,57	30,24	30,82
	400	30,40	29,88	30,61	29,80	29,45	30,08
	450	29,25	28,75	29,59	28,74	28,35	29,01
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	31,21	30,80	31,47	30,65	30,34	30,85
	350	30,46	30,02	30,80	29,90	29,52	30,19
	400	29,59	29,15	29,94	29,09	28,76	29,38
	450	28,55	28,15	28,83	28,20	27,75	28,41

Математична обробка даних озерненості колоса пшениці озимої сорту

Бодицек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Бодицек) (КЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01615, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 31,773	{2} 31,212	{3} 30,595	{4} 29,915
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000333	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000333		0,000262	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000262		0,000231
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000231	

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Бодицек) (КЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01615, df = 9,0000					
	Норма добрив	Кзк 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	29,91500	****			
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	30,59500		****		
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	31,21250			****	
1	N ₀ P ₀ K ₀	31,77250				****

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Бодицек) (КЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01615, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 31,992	{2} 31,345	{3} 30,575	{4} 29,583
1	300		0,000243	0,000092	0,000070
2	350	0,000243		0,000216	0,000092
3	400	0,000092	0,000216		0,000211
4	450	0,000070	0,000092	0,000211	

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Бодицек) (КЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01615, df = 9,0000					
	Норма висіву	Кзк 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	450	29,58250	****			
3	400	30,57500		****		
2	350	31,34500			****	
1	300	31,99250				****

Математична обробка даних озерненості колоса пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Реформ) (КЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01497, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 31,142	{2} 30,635	{3} 30,050	{4} 29,420
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000413	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000413		0,000270	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000270		0,000240
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000240	

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Реформ) (КЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01497, df = 9,0000					
	Норма добрив	Кзк 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	29,42000	****			
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	30,05000		****		
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	30,63500			****	
1	N ₀ P ₀ K ₀	31,14250				****

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Реформ) (КЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01497, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 31,363	{2} 30,750	{3} 30,040	{4} 29,095
1	300		0,000249	0,000092	0,000070
2	350	0,000249		0,000219	0,000092
3	400	0,000092	0,000219		0,000211
4	450	0,000070	0,000092	0,000211	

Cell No.	Duncan test; variable Кзк 2023-2025 (Реформ) (КЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01497, df = 9,0000					
	Норма висіву	Кзк 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	450	29,09500	****			
3	400	30,04000		****		
2	350	30,75000			****	
1	300	31,36250				****

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на
озерненість колоса пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Кзк 2023-2025 (Бодицек) (K3K) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	15251,02	1	15251,02	944497,7	0,000000
Норма добрив	7,68	3	2,56	158,5	0,000000
Норма висіву	12,92	3	4,31	266,7	0,000000
Error	0,15	9	0,02		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	7,68	37,01
Норма висіву	12,92	62,27
Інші фактори	0,15	0,72
	20,75	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на
озерненість колоса пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Кзк 2023-2025 (Реформ) (K3K) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14700,96	1	14700,96	982200,9	0,000000
Норма добрив	6,63	3	2,21	147,7	0,000000
Норма висіву	11,40	3	3,80	253,9	0,000000
Error	0,13	9	0,01		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	6,63	36,51
Норма висіву	11,40	62,78
Інші фактори	0,13	0,71
	18,16	100%

Multiple Regression Results

Dependent: **КБК 2023-2025** Multiple R = **,98031303** F = **160,2250**
R² = **,96101364** df = **2,13**
No. of cases: **16** adjusted R² = **,95501574** p = **,000000**
Standard error of estimate: **,249419632**
Intercept: **37,912459677** Std. Error: **,4338905** t(**13**) = **87,378** p = **0,0000**

НД $b^* = -0,59$

HB $b^* = -0,79$

N=16	Regression Summary for Dependent Variable: Кзк 2023-2025 (Бодицек) (КЗК) R= ,98031303 R?= ,96101364 Adjusted R?= ,95501574 F(2,13)=160,22 p						
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(13)	p-value	
	Intercept		37,91246	0,433891	87,3779	0,000000	
	НД	-0,586487	0,054763	-0,00923	0,000862	-10,7096	0,000000
	НВ	-0,785523	0,054763	-0,01600	0,001115	-14,3441	0,000000

$$\mathbf{K}_{\text{зк}} (\text{Бодицек}) = 37,91246 - 0,00923 \text{ Нд} - 0,01600 \text{ Нв}$$

	Predicted & Residual Values Кзк 2023-2025 (Бодицек)								
	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val	Mahalanobis Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
1	32,689999	33,112461	-0,422462	1,941926	-1,693782	0,142455	3,955645	-0,626994	0,687133
2	32,169998	32,312458	-0,142460	1,247981	-0,571165	0,118628	2,455645	-0,184107	0,041083
3	31,540001	31,512459	0,027542	0,554036	0,110425	0,118628	2,455645	0,035594	0,001536
4	30,690001	30,712460	-0,022459	-0,139908	-0,090045	0,142455	3,955645	-0,033332	0,001942
5	32,330002	32,142998	0,187004	1,100984	0,749757	0,104540	1,697581	0,226856	0,048442
6	31,690001	31,342997	0,347004	0,407040	1,391245	0,068612	0,197581	0,375412	0,057144
7	30,900000	30,542997	0,357002	-0,286905	1,431332	0,068612	0,197581	0,386229	0,060484
8	29,930000	29,742998	0,187002	-0,980850	0,749749	0,104540	1,697581	0,226854	0,048441
9	31,790001	31,727514	0,062487	0,740581	0,250528	0,109234	1,939516	0,077316	0,006143
10	31,090000	30,927513	0,162487	0,046636	0,651460	0,075571	0,439516	0,178911	0,015745
11	30,299999	30,127514	0,172485	-0,647309	0,691547	0,075571	0,439516	0,189920	0,017742
12	29,200001	29,327513	-0,127512	-1,341253	-0,511235	0,109234	1,939516	-0,157773	0,025582
13	31,160000	31,312029	-0,152029	0,380177	-0,609531	0,126276	2,907258	-0,204427	0,057395
14	30,430000	30,512030	-0,082029	-0,313767	-0,328881	0,098613	1,407258	-0,097228	0,007918
15	29,559999	29,712030	-0,152031	-1,007712	-0,609539	0,098613	1,407258	-0,180199	0,027198
16	28,510000	28,912029	-0,402029	-1,701657	-1,611858	0,126276	2,907258	-0,540592	0,401360

Математична модель залежності кількості зерен в колосі пшениці озимої сорту Реформ від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння

Multiple Regression Results

Dependent: **Кзк 2023-2025** Multiple R = ,97944806 F = 153,2778
 R² = ,95931851 df = 2,13
 No. of cases: 16 adjusted R² = ,95305982 p = ,000000
 Standard error of estimate: ,238454072
 Intercept: 36,910060484 Std.Error: ,4148148 t(13) = 88,980 p = 0,0000

НД b*=-,58

НВ b*=-,79

N=16	Regression Summary for Dependent Variable: Кзк 2023-2025 (Реформ) (КЗК) R= ,97944806 R ² = ,95931851 Adjusted R ² = ,95305982 F(2,13)=153,28 p					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(13)	p-value
Intercept			36,91006	0,414815	88,9796	0,000000
НД	-0,581465	0,055941	-0,00857	0,000824	-10,3943	0,000000
НВ	-0,788173	0,055941	-0,01502	0,001066	-14,0895	0,000000

$$\text{Кзк (Реформ)} = 36,91006 - 0,00857 \text{ НД} - 0,01502 \text{ НВ}$$

	Predicted & Residual Values Кзк 2023-2025 (Реформ)								
	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val	Mahalanobis Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
1	32,000000	32,402561	-0,402561	1,939434	-1,688213	0,136192	3,955645	-0,597458	0,682622
2	31,530001	31,651310	-0,121309	1,242533	-0,508732	0,113412	2,455645	-0,156773	0,032593
3	30,950001	30,900061	0,049940	0,545633	0,209433	0,113412	2,455645	0,064540	0,005524
4	30,090000	30,148811	-0,058811	-0,151268	-0,246635	0,136192	3,955645	-0,087284	0,014569
5	31,660000	31,503004	0,156996	1,104956	0,658390	0,099944	1,697581	0,190453	0,037355
6	31,059999	30,751755	0,308245	0,408056	1,292680	0,065595	0,197581	0,333480	0,049334
7	30,350000	30,000504	0,349497	-0,288845	1,465678	0,065595	0,197581	0,378109	0,063422
8	29,469999	29,249254	0,220745	-0,985745	0,925734	0,099944	1,697581	0,267788	0,073851
9	31,180000	31,117479	0,062521	0,747323	0,262193	0,104431	1,939516	0,077358	0,006729
10	30,540001	30,366230	0,173771	0,050423	0,728740	0,072248	0,439516	0,191336	0,019702
11	29,780001	29,614981	0,165020	-0,646478	0,692041	0,072248	0,439516	0,181700	0,017768
12	28,700001	28,863729	-0,163729	-1,343378	-0,686626	0,104431	1,939516	-0,202585	0,046146
13	30,610001	30,731956	-0,121956	0,389690	-0,511444	0,120724	2,907258	-0,163989	0,040409
14	29,870001	29,980705	-0,110704	-0,307211	-0,464259	0,094278	1,407258	-0,131216	0,015778
15	29,080000	29,229456	-0,149456	-1,004111	-0,626771	0,094278	1,407258	-0,177147	0,028757
16	28,120001	28,478205	-0,358204	-1,701012	-1,502192	0,120724	2,907258	-0,481662	0,348604

**Формування маси зернівки в колосі пшениці озимої під впливом
мінеральних добрив та норм висіву, мг**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	43,22	42,52	43,78	43,68	43,08	44,15
	350	42,63	42,00	43,10	43,20	42,61	43,65
	400	41,95	41,35	42,38	42,55	42,02	42,95
	450	40,96	40,40	41,40	41,65	41,22	42,00
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	42,60	41,95	43,13	43,13	42,58	43,55
	350	41,96	41,35	42,45	42,58	42,05	42,95
	400	41,22	40,67	41,63	41,91	41,40	42,25
	450	40,10	39,55	40,55	40,85	40,35	41,21
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	41,70	41,11	42,15	42,20	41,66	42,60
	350	40,96	40,33	41,40	41,62	41,15	41,96
	400	40,15	39,55	40,57	40,91	40,43	41,24
	450	39,05	38,45	39,49	39,80	39,36	40,10
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	40,77	40,16	41,26	41,40	40,91	41,75
	350	39,96	39,33	40,42	40,70	40,20	41,07
	400	39,10	38,52	39,57	39,91	39,40	40,25
	450	38,47	37,90	38,93	39,37	38,90	39,70

Математична обробка даних маси зернівки колоса пшениці озимої сорту

Бодицек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Бодицек) (МЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01389, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 42,140	{2} 41,430	{3} 40,410	{4} 39,530
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000216	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000216		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000211
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000211	

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Бодицек) (МЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01389, df = 9,0000					
	Норма добрив	Мзк 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	39,53000	****			
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	40,41000		****		
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	41,43000			****	
1	N ₀ P ₀ K ₀	42,14000				****

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Бодицек) (МЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01389, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 42,028	{2} 41,325	{3} 40,553	{4} 39,605
1	300		0,000217	0,000092	0,000070
2	350	0,000217		0,000212	0,000092
3	400	0,000092	0,000212		0,000210
4	450	0,000070	0,000092	0,000210	

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Бодицек) (МЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01389, df = 9,0000					
	Норма висіву	Мзк 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	450	39,60500	****			
3	400	40,55250		****		
2	350	41,32500			****	
1	300	42,02750				****

Математична обробка даних маси зернівки колоса пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Реформ) (МЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01563, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 42,730	{2} 42,068	{3} 41,085	{4} 40,295
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000233	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000233		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000214
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000214	

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Реформ) (МЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01563, df = 9,0000					
	Норма добрив	Мзк 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	40,29500	****			
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	41,08500		****		
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	42,06750			****	
1	N ₀ P ₀ K ₀	42,73000				****

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Реформ) (МЗК) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01563, df = 9,0000				
	Норма висіву	{1} 42,558	{2} 41,980	{3} 41,267	{4} 40,372
1	300		0,000292	0,000092	0,000070
2	350	0,000292		0,000221	0,000092
3	400	0,000092	0,000221		0,000211
4	450	0,000070	0,000092	0,000211	

Cell No.	Duncan test; variable Мзк 2023-2025 (Реформ) (МЗК) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01563, df = 9,0000					
	Норма висіву	Мзк 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	450	40,37250	****			
3	400	41,26750		****		
2	350	41,98000			****	
1	300	42,55750				****

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на масу
зернівки колоса пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Мзк 2023-2025 (Бодицек) (МЗК) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	26735,52	1	26735,52	1924188	0,000000
Норма добрив	15,73	3	5,24	377	0,000000
Норма висіву	12,99	3	4,33	312	0,000000
Error	0,13	9	0,01		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	15,73	54,52
Норма висіву	12,99	45,03
Інші фактори	0,13	0,45
	28,85	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на масу
зернівки колоса пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Мзк 2023-2025 (Реформ) (МЗК) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	27614,96	1	27614,96	1766337	0,000000
Норма добрив	13,81	3	4,60	294	0,000000
Норма висіву	10,66	3	3,55	227	0,000000
Error	0,14	9	0,02		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	13,81	56,12
Норма висіву	10,66	43,32
Інші фактори	0,14	0,56
	24,61	

Multiple Regression Results

Dependent: **Мзк 2023-2025** Multiple R = ,97404883 F = 120,3816
R² = ,94877113 df = 2,13
No. of cases: 16 adjusted R² = ,94088976 p = ,000000
Standard error of estimate: ,337174608
Intercept: 48,385322581 Std. Error: ,5865491 t(13) = 82,492 p = 0,0000

НД $b^* = -0,71$

HB $b^* = -0,67$

N=16	Regression Summary for Dependent Variable: Мзк 2023-2025 (Бодицек) (МЗК) R= ,97404883 R²= ,94877113 Adjusted R²= ,94088976 F(2,13)=120,38 p						
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(13)	p-value	
	Intercept		48,38532	0,586549	82,4915	0,000000	
	НД	-0,707560	0,062775	-0,01314	0,001165	-11,2714	0,000000
	НВ	-0,669425	0,062775	-0,01608	0,001508	-10,6639	0,000000

$$\text{Мзк (Бодицек)} = 48,38532 - 0,01314 \text{ Нд} - 0,01608 \text{ Нв}$$

	Predicted & Residual Values Мзк 2023-2025 (Бодицек)								
	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val	Mahalanobis Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
1	43,169998	43,561321	-0,391323	1,986779	-1,160595	0,192576	3,955645	-0,580779	0,322617
2	42,580002	42,757324	-0,177322	1,391594	-0,525907	0,160365	2,455645	-0,229161	0,034831
3	41,889999	41,953323	-0,063324	0,796409	-0,187808	0,160365	2,455645	-0,081836	0,004442
4	40,919998	41,149323	-0,229324	0,201225	-0,680135	0,192576	3,955645	-0,340350	0,110794
5	42,560001	42,182022	0,377979	0,965711	1,121019	0,141321	1,697581	0,458530	0,108295
6	41,919998	41,378021	0,541977	0,370526	1,607407	0,092752	0,197581	0,586347	0,076281
7	41,169998	40,574020	0,595978	-0,224659	1,767564	0,092752	0,197581	0,644769	0,092239
8	40,070000	39,770023	0,299976	-0,819844	0,889677	0,141321	1,697581	0,363904	0,068210
9	41,650002	41,590893	0,059109	0,528110	0,175306	0,147666	1,939516	0,073136	0,003008
10	40,900002	40,786892	0,113110	-0,067075	0,335463	0,102160	0,439516	0,124543	0,004175
11	40,090000	39,982891	0,107109	-0,662260	0,317666	0,102160	0,439516	0,117936	0,003744
12	39,000000	39,178894	-0,178894	-1,257445	-0,530568	0,147666	1,939516	-0,221349	0,027553
13	40,730000	40,999763	-0,269764	0,090509	-0,800072	0,170704	2,907258	-0,362741	0,098887
14	39,900002	40,195763	-0,295761	-0,504676	-0,877175	0,133309	1,407258	-0,350560	0,056325
15	39,060001	39,391762	-0,331760	-1,099860	-0,983942	0,133309	1,407258	-0,393229	0,070871
16	38,430000	38,587765	-0,157764	-1,695045	-0,467901	0,170704	2,907258	-0,212139	0,033821

Multiple Regression Results

Dependent: **Мзк 2023-2025** Multiple R = **,97193955** F = **110,9695**
R² = **,94466649** df = **2,13**
No. of cases: **16** adjusted R² = **,93615364** p = **,000000**
Standard error of estimate: **,323655859**
Intercept: **48,379979839** Std. Error: **,5630319** t(**13**) = **85,928** p = **0,0000**

НД $b^* = -0,72$

HB $b^* = -0,66$

N=16	Regression Summary for Dependent Variable: Мзк 2023-2025 (Реформ) (МЗК) R= ,97193955 R²= ,94466649 Adjusted R²= ,93615364 F(2,13)=110,97 p						
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(13)	p-value	
	Intercept		48,37998	0,563032	85,9276	0,000000	
	HD	-0,717947	0,065241	-0,01231	0,001119	-11,0045	0,000000
	HB	-0,655147	0,065241	-0,01454	0,001447	-10,0419	0,000000

$$\text{Мзк (Реформ)} = 48,37998 - 0,01231 \text{ Нд} - 0,01454 \text{ Нв}$$

	Predicted & Residual Values Мзк 2023-2025 (Перопм)								
	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val	Mahalanobis Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
1	43,639999	44,019482	-0,379482	1,988103	-1,172487	0,184855	3,955645	-0,563205	0,329262
2	43,150002	43,292728	-0,142727	1,404348	-0,440984	0,153936	2,455645	-0,184452	0,024490
3	42,509998	42,565979	-0,055981	0,820594	-0,172964	0,153936	2,455645	-0,072346	0,003767
4	41,619999	41,839230	-0,219231	0,236839	-0,677357	0,184855	3,955645	-0,325369	0,109891
5	43,090000	42,726833	0,363167	0,949797	1,122077	0,135655	1,697581	0,440561	0,108499
6	42,529999	42,000080	0,529919	0,366042	1,637290	0,089033	0,197581	0,573302	0,079143
7	41,849998	41,273331	0,576668	-0,217713	1,781731	0,089033	0,197581	0,623878	0,093723
8	40,799999	40,546581	0,253418	-0,801467	0,782986	0,135655	1,697581	0,307424	0,052831
9	42,150002	42,172840	-0,022839	0,504808	-0,070564	0,141745	1,939516	-0,028259	0,000487
10	41,580002	41,446091	0,133911	-0,078946	0,413745	0,098063	0,439516	0,147447	0,006351
11	40,860001	40,719341	0,140659	-0,662701	0,434595	0,098063	0,439516	0,154877	0,007007
12	39,750000	39,992592	-0,242592	-1,246456	-0,749536	0,141745	1,939516	-0,300164	0,054989
13	41,349998	41,618847	-0,268848	0,059820	-0,830661	0,163860	2,907258	-0,361510	0,106593
14	40,660000	40,892097	-0,232098	-0,523935	-0,717112	0,127964	1,407258	-0,275101	0,037645
15	39,849998	40,165348	-0,315350	-1,107690	-0,974336	0,127964	1,407258	-0,373777	0,069494
16	39,320000	39,438599	-0,118599	-1,691444	-0,366435	0,163860	2,907258	-0,159475	0,020743

Двофакторний дисперсійний аналіз даних урожайності зерна пшениці озимої сорту Бодицек, 2023 рік

Двофакторний дисперсійний аналіз

Урожайність зерна, т/га 2 023р.

Градацій фактора А - 4 В - 4 Повторень 4

Вихідні дані

Фактор А	Фактор В	Повторення				Сума, V	Середнє, x
		1	2	3	4		
1	1	3,69	4,27	4,52	4,09	16,56	4,14
	2	4,44	4,40	4,24	4,12	17,20	4,30
	3	4,12	4,89	4,59	4,52	18,12	4,53
	4	4,72	4,73	4,59	4,55	18,60	4,65
2	1	5,46	5,89	5,71	5,47	22,52	5,63
	2	6,03	5,45	5,16	5,99	22,64	5,66
	3	5,68	5,53	5,76	5,99	22,96	5,74
	4	5,76	5,75	5,47	5,62	22,60	5,65
3	1	6,64	6,11	7,35	7,30	27,40	6,85
	2	7,62	6,71	6,41	6,26	27,00	6,75
	3	7,07	6,65	6,45	7,31	27,48	6,87
	4	6,89	6,92	6,63	6,76	27,20	6,80
4	1	7,88	8,11	7,82	7,11	30,92	7,73
	2	8,20	7,31	8,43	7,07	31,00	7,75
	3	7,35	7,77	7,98	7,74	30,84	7,71
	4	8,04	7,31	7,34	8,02	30,72	7,68
						ΣX	x _N
Сума, P		99,59	97,79	98,47	97,92	393,76	6,15

Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
1	4,41	1	6,09
2	5,67	2	6,12
3	6,82	3	6,21
4	7,72	4	6,20

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь свободи	S ²	F _{факт.}	F _{0,95}	Сила впливу	HP _{0,05}
Загальне	106,43	63	-	-	-	-	-
Повторень	0,13	3	-	-	-	0,0012	-
А	98,85	3	32,95	219,57	2,84	0,9288	0,28
В	0,18	3	0,06	0,39	2,84	0,0017	0,28
АВ	0,52	9	0,06	0,39	2,12	0,0049	0,14
Похибка	6,75	45	0,15	-	-	0,0635	-

Точність досліджу 3,15%

Двофакторний дисперсійний аналіз даних урожайності зерна пшениці озимої сорту Бодицек, 2024 рік

Двофакторний дисперсійний аналіз

Урожайність зерна, т/га 2 024р.

Градацій фактора А - 4 В - 4 Повторень 4

Вихідні дані

Фактор А	Фактор В	Повторення				Сума, V	Середнє, x
		1	2	3	4		
1	1	4,01	4,04	3,54	3,77	15,36	3,84
	2	3,96	3,64	4,17	4,27	16,04	4,01
	3	4,66	4,01	4,18	3,98	16,84	4,21
	4	4,53	4,57	4,07	3,95	17,12	4,28
2	1	4,86	5,21	5,23	5,71	21,00	5,25
	2	5,03	5,16	5,60	5,41	21,20	5,30
	3	5,12	5,76	5,69	4,95	21,52	5,38
	4	5,13	5,55	4,95	5,50	21,12	5,28
3	1	6,07	6,12	6,95	6,26	25,40	6,35
	2	6,71	6,25	6,72	6,17	25,84	6,46
	3	6,49	6,51	6,53	6,19	25,72	6,43
	4	6,43	6,54	5,83	6,67	25,48	6,37
4	1	7,61	7,03	7,46	7,30	29,40	7,35
	2	7,09	7,27	8,15	6,68	29,20	7,30
	3	7,23	7,23	7,24	7,38	29,08	7,27
	4	7,92	7,17	6,89	7,01	29,00	7,25
						ΣX	x _N
Сума, P		92,84	92,06	93,20	91,22	369,32	5,77

Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
1	4,09	1	5,70
2	5,30	2	5,77
3	6,40	3	5,82
4	7,29	4	5,80

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь свободи	S ²	F _{факт.}	F _{0,95}	Сила впливу	HP _{0,05}
Загальне	98,53	63	-	-	-	-	-
Повторень	0,15	3	-	-	-	0,0015	-
А	92,41	3	30,80	256,69	2,84	0,9379	0,25
В	0,14	3	0,05	0,38	2,84	0,0014	0,25
АВ	0,43	9	0,05	0,40	2,12	0,0044	0,12
Похибка	5,40	45	0,12	-	-	0,0548	-

Точність досліджу 3,00%

Двофакторний дисперсійний аналіз даних урожайності зерна пшениці озимої сорту Бодицек, 2025 рік

Двофакторний дисперсійний аналіз

Урожайність зерна, т/га 2 025р.

Градаций фактора А - 4 В - 4 Повторень 4

Вихідні дані

Фактор А	Фактор В	Повторення				Сума, V	Середнє, x
		1	2	3	4		
1	1	4,19	4,11	4,69	4,41	17,40	4,35
	2	4,68	4,61	4,47	4,41	18,16	4,54
	3	5,00	4,58	4,92	4,63	19,12	4,78
	4	5,31	4,61	5,23	4,41	19,56	4,89
2	1	5,80	6,09	5,65	6,18	23,72	5,93
	2	6,27	6,47	5,70	5,56	24,00	6,00
	3	5,94	5,53	6,20	5,92	23,60	5,90
	4	5,96	6,10	5,62	6,16	23,84	5,96
3	1	7,16	7,33	7,20	6,76	28,44	7,11
	2	7,62	6,88	7,26	6,80	28,56	7,14
	3	7,31	6,60	7,36	7,44	28,72	7,18
	4	7,72	6,39	7,66	6,59	28,36	7,09
4	1	8,48	7,57	7,68	8,47	32,20	8,05
	2	7,24	8,97	7,52	8,67	32,40	8,10
	3	8,20	7,74	7,49	8,89	32,32	8,08
	4	8,71	7,26	7,80	8,31	32,08	8,02
						ΣX	x _N
Сума, P		105,58	100,84	102,43	103,62	412,48	6,45

Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
1	4,64	1	6,36
2	5,95	2	6,45
3	7,13	3	6,49
4	8,06	4	6,49

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь свободи	S ²	F _{факт.}	F _{0,95}	Сила впливу	HP _{0,05}
Загальне	116,05	63	-	-	-	-	-
Повторень	0,75	3	-	-	-	0,0064	-
А	105,46	3	35,15	174,09	2,84	0,9087	0,32
В	0,17	3	0,06	0,29	2,84	0,0015	0,32
АВ	0,59	9	0,07	0,32	2,12	0,0051	0,16
Похибка	9,09	45	0,20	-	-	0,0783	-

Точність досліджу 3,49%

Двофакторний дисперсійний аналіз даних урожайності зерна пшениці озимої сорту Реформ, 2023 рік

Двофакторний дисперсійний аналіз

Урожайність зерна, т/га 2 023р.

Градаций фактора А - 4 В - 4 Повторень 4

Вихідні дані

Фактор А	Фактор В	Повторення				Сума, V	Середнє, x
		1	2	3	4		
1	1	4,72	4,67	4,26	4,55	18,20	4,55
	2	4,60	4,62	4,51	5,23	18,96	4,74
	3	5,01	4,94	5,16	4,77	19,88	4,97
	4	4,99	5,58	5,00	4,91	20,48	5,12
2	1	6,28	5,98	5,96	6,26	24,48	6,12
	2	6,09	6,22	5,96	6,33	24,60	6,15
	3	5,63	6,38	6,43	6,28	24,72	6,18
	4	6,60	5,97	6,37	5,98	24,92	6,23
3	1	7,78	6,94	7,03	7,65	29,40	7,35
	2	7,77	7,13	7,18	7,24	29,32	7,33
	3	6,91	7,26	7,87	7,12	29,16	7,29
	4	7,25	7,43	6,93	7,39	29,00	7,25
4	1	8,18	8,22	7,91	8,29	32,60	8,15
	2	7,88	8,45	8,12	8,36	32,80	8,20
	3	9,02	7,68	7,72	8,09	32,52	8,13
	4	8,55	7,58	8,46	7,81	32,40	8,10
						ΣX	x _N
Сума, P		107,26	105,04	104,88	106,26	423,44	6,62

Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
1	4,85	1	6,54
2	6,17	2	6,61
3	7,31	3	6,64
4	8,15	4	6,68

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь свободи	S ²	F _{факт.}	F _{0,95}	Сила впливу	HP _{0,05}
Загальне	104,47	63	-	-	-	-	-
Повторень	0,24	3	-	-	-	0,0023	-
А	98,37	3	32,79	292,99	2,84	0,9416	0,24
В	0,16	3	0,05	0,46	2,84	0,0015	0,24
АВ	0,67	9	0,07	0,67	2,12	0,0064	0,12
Похибка	5,04	45	0,11	-	-	0,0482	-

Точність дослідів 2,53%

Двофакторний дисперсійний аналіз даних урожайності зерна пшениці озимої сорту Реформ, 2024 рік

Двофакторний дисперсійний аналіз
Урожайність зерна, т/га 2 024р.
Градаций фактора А - 4 В - 4 Повторень 4

Вихідні дані

Фактор А	Фактор В	Повторення				Сума, V	Середнє, x
		1	2	3	4		
1	1	4,36	4,47	4,02	4,55	17,40	4,35
	2	4,68	4,41	4,26	4,69	18,04	4,51
	3	5,04	4,37	4,53	5,01	18,96	4,74
	4	4,90	4,83	4,97	4,74	19,44	4,86
2	1	5,53	5,33	6,16	6,46	23,48	5,87
	2	5,33	6,21	6,06	6,24	23,84	5,96
	3	5,81	5,79	5,90	6,22	23,72	5,93
	4	5,76	6,04	5,56	6,20	23,56	5,89
3	1	7,13	6,46	7,27	7,25	28,12	7,03
	2	6,27	7,27	7,67	6,67	27,88	6,97
	3	7,24	7,19	6,43	7,14	28,00	7,00
	4	7,52	7,29	6,37	6,54	27,72	6,93
4	1	7,99	8,05	7,73	7,23	31,00	7,75
	2	7,43	7,82	8,04	7,99	31,28	7,82
	3	8,26	7,26	7,55	8,04	31,12	7,78
	4	7,13	8,37	8,45	7,25	31,20	7,80
						ΣX	x _N
Сума, P		100,40	101,16	100,98	102,23	404,76	6,32

Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
1	4,62	1	6,25
2	5,91	2	6,32
3	6,98	3	6,36
4	7,79	4	6,37

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь свободи	S ²	F _{факт.}	F _{0,95}	Сила впливу	HP _{0,05}
Загальне	99,47	63	-	-	-	-	-
Повторень	0,11	3	-	-	-	0,0011	-
А	90,65	3	30,22	169,18	2,84	0,9113	0,30
В	0,15	3	0,05	0,27	2,84	0,0015	0,30
АВ	0,53	9	0,06	0,33	2,12	0,0054	0,15
Похибка	8,04	45	0,18	-	-	0,0808	-

Точність досліду 3,34%

Двофакторний дисперсійний аналіз даних урожайності зерна пшениці озимої сорту Реформ, 2025 рік

Двофакторний дисперсійний аналіз

Урожайність зерна, т/га 2 025р.

Градацій фактора А - 4 В - 4 Повторень 4

Вихідні дані

Фактор А	Фактор В	Повторення				Сума, V	Середнє, x
		1	2	3	4		
1	1	4,59	4,95	4,57	4,81	18,92	4,73
	2	4,79	5,02	4,85	5,02	19,68	4,92
	3	5,34	4,94	4,88	5,41	20,56	5,14
	4	4,96	4,93	5,44	5,79	21,12	5,28
2	1	6,26	6,15	6,25	6,73	25,40	6,35
	2	6,38	6,19	6,39	6,31	25,28	6,32
	3	6,63	6,69	6,30	5,99	25,60	6,40
	4	6,64	6,59	6,43	5,82	25,48	6,37
3	1	7,08	7,15	8,35	7,47	30,04	7,51
	2	7,84	7,65	7,72	7,07	30,28	7,57
	3	7,95	7,44	7,58	6,99	29,96	7,49
	4	7,85	7,10	7,71	7,18	29,84	7,46
4	1	8,21	8,37	8,13	8,89	33,60	8,40
	2	8,41	8,07	8,09	9,19	33,76	8,44
	3	8,46	7,90	8,23	9,05	33,64	8,41
	4	8,53	8,42	8,26	8,23	33,44	8,36
						ΣX	x _N
Сума, P		109,91	107,54	109,19	109,95	436,60	6,82

Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
1	5,02	1	6,75
2	6,36	2	6,81
3	7,51	3	6,86
4	8,40	4	6,87

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь свободи	S ²	F _{факт.}	F _{0,95}	Сила впливу	HP _{0,05}
Загальне	109,80	63	-	-	-	-	-
Повторень	0,24	3	-	-	-	0,0022	-
А	103,00	3	34,33	266,34	2,84	0,9381	0,26
В	0,15	3	0,05	0,38	2,84	0,0013	0,26
АВ	0,61	9	0,07	0,53	2,12	0,0056	0,13
Похибка	5,80	45	0,13	-	-	0,0528	-

Точність досліджу 2,63%

Математична обробка даних урожайності зерна пшениці озимої сорту

Бодіцек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable У 2023-2025 (Бодіцек) (Уз) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01352, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 4,3775	{2} 5,6375	{3} 6,7825	{4} 7,6925
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000211
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000211	

	Duncan test; variable У 2023-2025 (Бодицек) (Уз) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01352, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	У 2023-2025 (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	4,377500	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	5,637500		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,782500			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	7,692500				****

Cell No.	Duncan test; variable У 2023-2025 (Бодіцек) (Уз (без контролю)) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00066, df = 6,0000				
	Норма висіву	{1} 6,6933	{2} 6,7167	{3} 6,7300	{4} 6,6767
1	300		0,307250	0,141152	0,455912
2	350	0,307250		0,547334	0,114146
3	400	0,141152	0,547334		0,051916
4	450	0,455912	0,114146	0,051916	

Cell No.	Duncan test; variable У 2023-2025 (Бодіцек) (Уз (без контролю)) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00066, df = 6,0000		
	Норма висіву	У 2023-2025 (Бодіцек) Mean	1
4	450	6,676667	****
1	300	6,693333	****
2	350	6,716667	****
3	400	6,730000	****

Математична обробка даних урожайності зерна пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable У 2023-2025 (Реформ) (Уз) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01657, df = 9,0000				
	Норма добрив	{1} 4,8250	{2} 6,1450	{3} 7,2650	{4} 8,1125
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000210	0,000092	0,000070
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000210		0,000210	0,000092
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000092	0,000210		0,000212
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000070	0,000092	0,000212	

	Duncan test; variable У 2023-2025 (Реформ) (Уз) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01657, df = 9,0000					
Cell No.	Норма добрив	У 2023-2025 (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	4,825000	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,145000		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	7,265000			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	8,112500				****

Cell No.	Duncan test; variable У 2023-2025 (Реформ) (Уз (без контролю)) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00109, df = 6,0000				
	Норма висіву	{1} 7,1700	{2} 7,1933	{3} 7,1800	{4} 7,1533
1	300		0,433206	0,723104	0,558603
2	350	0,433206		0,638048	0,205643
3	400	0,723104	0,638048		0,374392
4	450	0,558603	0,205643	0,374392	

Cell No.	Duncan test; variable У 2023-2025 (Реформ) (Уз (без контролю)) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00109, df = 6,0000			
	Норма висіву	У 2023-2025 (Реформ) Mean		1
4	450	7,153333		****
1	300	7,170000		****
3	400	7,180000		****
2	350	7,193333		****

**Натура зерна пшениці озимої під впливом мінеральних добрив та норм
висіву, г/л**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	765,5	767,8	761,7	763,1	765,0	759,0
	350	771,5	774,2	767,0	769,5	772,0	764,9
	400	772,2	775,1	767,6	770,5	773,1	765,7
	450	768,8	771,3	764,6	766,6	768,8	762,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	760,3	762,8	755,4	757,7	760,6	752,9
	350	766,6	769,5	761,1	764,4	767,9	759,0
	400	767,5	770,5	761,9	765,5	769,1	759,9
	450	763,7	766,5	758,5	761,4	764,5	756,2
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	754,1	756,5	749,9	752,0	753,9	747,6
	350	760,7	763,4	755,9	759,0	761,4	754,0
	400	761,8	764,6	756,8	760,3	762,8	755,1
	450	757,6	760,2	753,1	755,8	757,9	751,1
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	746,3	748,6	741,4	744,2	746,2	739,4
	350	753,1	756,0	747,6	751,4	754,0	746,1
	400	754,3	757,3	748,5	752,8	755,5	747,3
	450	749,9	752,6	744,7	748,1	750,4	743,0

**Математична обробка даних натури зерна пшениці озимої сорту Бодицек
методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Бодицек) (Натура NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 11,667, df = 41,000				
	Норма добрив	{1} 768,94	{2} 763,69	{3} 757,88	{4} 750,02
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000624	0,000060	0,000054
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000624		0,000262	0,000060
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000060	0,000262		0,000116
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000054	0,000060	0,000116	

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Бодицек) (Натура NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,667, df = 41,000					
	Норма добрив	Натура (Бодицек) Mean	1	2	3	4
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	750,0250	****			
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	757,8833		****		
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	763,6917			****	
1	N ₀ P ₀ K ₀	768,9417				****

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Бодицек) (Натура NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 11,667, df = 41,000				
	Норма висіву	{1} 755,86	{2} 762,22	{3} 763,17	{4} 759,29
1	300		0,000120	0,000061	0,018230
2	350	0,000120		0,495948	0,042249
3	400	0,000061	0,495948		0,010891
4	450	0,018230	0,042249	0,010891	

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Бодицек) (Натура NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,667, df = 41,000				
	Норма висіву	Натура (Бодицек) Mean	1	2	3
1	300	755,8583		****	
4	450	759,2917			****
2	350	762,2167	****		
3	400	763,1750	****		

Математична обробка даних натури зерна пшениці озимої сорту Реформ
методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Реформ) (Натура NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 11,475, df = 41,000				
	Норма добрив	{1} 766,70	{2} 761,59	{3} 755,91	{4} 748,20
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000764	0,000060	0,000054
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000764		0,000291	0,000060
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000060	0,000291		0,000116
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000054	0,000060	0,000116	

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Реформ) (Натура NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,475, df = 41,000					
	Норма добрив	Натура (Реформ) Mean	1	2	3	4
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	748,2000	****			
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	755,9083		****		
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	761,5917			****	
1	N ₀ P ₀ K ₀	766,7000				****

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Реформ) (Натура NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 11,475, df = 41,000				
	Норма висіву	{1} 753,47	{2} 760,30	{3} 761,47	{4} 757,17
1	300		0,000076	0,000055	0,010797
2	350	0,000076		0,403930	0,028925
3	400	0,000055	0,403930		0,004734
4	450	0,010797	0,028925	0,004734	

Cell No.	Duncan test; variable Натура (Реформ) (Натура NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,475, df = 41,000				
	Норма висіву	Натура (Реформ) Mean	1	2	3
1	300	753,4667		****	
4	450	757,1667			****
2	350	760,3000	****		
3	400	761,4667	****		

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на натуру
зерна пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Натура (Бодицек) (Натура NEW average) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	9244792	1	9244792	137383910	0,000000
Норма добрив	788	3	263	3903	0,000000
Норма висіву	130	3	43	645	0,000000
Error	1	9	0		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	788	85,75
Норма висіву	130	14,14
Інші фактори	1	0,11
	919	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на натуру
зерна пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Натура (Реформ) (Натура NEW average) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	9195753	1	9195753	175157200	0,000000
Норма добрив	756	3	252	4800	0,000000
Норма висіву	153	3	51	971	0,000000
Error	1	9	0		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	756	83,08
Норма висіву	153	16,81
Інші фактори	1	0,11
	910	100%

Вміст білка в зерні пшениці озимої під впливом мінеральних добрив та норм висіву, %

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	11,3	11,8	10,7	11,1	11,3	10,5
	350	12,3	12,7	11,8	12,0	12,5	11,6
	400	12,4	12,8	12,0	12,2	12,7	11,7
	450	11,9	12,3	11,3	11,6	11,9	11,1
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	12,5	12,9	11,8	12,3	12,4	11,6
	350	13,3	13,8	12,8	13,0	13,4	12,5
	400	13,5	14,0	13,0	13,2	13,5	12,7
	450	13,0	13,4	12,4	12,7	12,9	12,1
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	13,2	13,8	12,9	12,9	13,2	12,4
	350	13,9	14,4	13,6	13,6	14,1	13,3
	400	14,0	14,5	13,7	13,8	14,3	13,4
	450	13,6	14,1	13,3	13,3	13,7	12,9
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	13,9	14,2	13,3	13,6	13,7	13,0
	350	14,5	14,8	14,2	14,1	14,5	13,7
	400	14,6	14,9	14,3	14,2	14,7	13,9
	450	14,3	14,6	13,8	13,9	14,1	13,4

Математична обробка даних вмісту білка в зерні пшениці озимої сорту

Бодицек методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Бодицек) (Білок NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,16285, df = 41,000				
	Норма добрив	{1} 11,942	{2} 13,033	{3} 13,750	{4} 14,283
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000115	0,000060	0,000054
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000115		0,000196	0,000060
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000060	0,000196		0,002515
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000054	0,000060	0,002515	

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Бодицек) (Білок NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16285, df = 41,000					
	Норма добрив	Білок (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	11,94167	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	13,03333		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13,75000			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	14,28333				****

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Бодицек) (Білок NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,16285, df = 41,000				
	Норма висіву	{1} 12,692	{2} 13,508	{3} 13,642	{4} 13,167
1	300		0,000076	0,000055	0,006375
2	350	0,000076		0,423147	0,044507
3	400	0,000055	0,423147		0,008494
4	450	0,006375	0,044507	0,008494	

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Бодицек) (Білок NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16285, df = 41,000				
	Норма висіву	Білок (Бодицек) Mean	1	2	3
1	300	12,69167		****	
4	450	13,16667			****
2	350	13,50833	****		
3	400	13,64167	****		

Математична обробка даних вмісту білка в зерні пшениці озимої сорту

Реформ методом дисперсійного аналізу

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Реформ) (Білок NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,14100, df = 41,000				
	Норма добрив	{1} 11,683	{2} 12,692	{3} 13,408	{4} 13,900
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000115	0,000060	0,000054
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000115		0,000143	0,000060
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000060	0,000143		0,002752
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000054	0,000060	0,002752	

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Реформ) (Білок NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,14100, df = 41,000					
	Норма добрив	Білок (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	11,68333	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	12,69167		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13,40833			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	13,90000				****

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Реформ) (Білок NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,14100, df = 41,000				
	Норма висіву	{1} 12,333	{2} 13,192	{3} 13,358	{4} 12,800
1	300		0,000061	0,000054	0,004205
2	350	0,000061		0,283411	0,014542
3	400	0,000054	0,283411		0,001108
4	450	0,004205	0,014542	0,001108	

Cell No.	Duncan test; variable Білок (Реформ) (Білок NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,14100, df = 41,000				
	Норма висіву	Білок (Реформ) Mean	1	2	3
1	300	12,33333		****	
4	450	12,80000			****
2	350	13,19167	****		
3	400	13,35833	****		

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на вміст
білка в зерні пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Білок (Бодицек) (Білок NEW average) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2811,651	1	2811,651	417399,7	0,000000
Норма добрив	12,267	3	4,089	607,0	0,000000
Норма висіву	2,192	3	0,731	108,5	0,000000
Error	0,061	9	0,007		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	12,267	84,48
Норма висіву	2,192	15,10
Інші фактори	0,061	0,42
	14,52	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на вміст
білка в зерні пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Білок (Реформ) (Білок NEW average) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2670,306	1	2670,306	591575,4	0,000000
Норма добрив	11,157	3	3,719	823,9	0,000000
Норма висіву	2,527	3	0,842	186,6	0,000000
Error	0,041	9	0,005		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	11,157	81,29
Норма висіву	2,527	18,41
Інші фактори	0,041	0,30
	13,725	100%

**Показники вмісту клейковини в зерні пшениці озимої за різних норм
мінеральних добрив та норм висіву, %**

Норма добрив, кг/га д.р.	Норма висіву, нас./м ²	Сорт					
		Бодицек			Реформ		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
N ₀ P ₀ K ₀	300	26,5	26,6	26,0	26,0	26,2	25,5
	350	27,0	27,4	26,6	26,6	26,9	26,3
	400	27,2	27,5	26,7	26,8	27,0	26,4
	450	26,7	26,8	26,3	26,2	26,4	25,8
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	300	27,1	27,7	27,0	26,9	27,1	26,6
	350	27,9	28,2	27,6	27,6	27,7	27,3
	400	28,1	28,3	27,8	27,8	27,8	27,5
	450	27,4	27,9	27,2	27,1	27,4	26,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	300	28,0	28,3	27,8	27,7	27,8	27,5
	350	28,7	28,7	28,3	28,3	28,4	28,0
	400	28,8	28,9	28,4	28,4	28,6	28,1
	450	28,2	28,5	28,0	28,0	28,2	27,7
N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	300	28,5	28,6	28,0	28,2	28,3	27,8
	350	28,9	29,1	28,6	28,6	28,8	28,4
	400	29,1	29,2	28,8	28,8	28,9	28,5
	450	28,7	28,8	28,3	28,4	28,6	28,0

Математична обробка даних вмісту клейковини в зерні пшениці озимої сорту**Бодицек методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Бодицек) (Клейковина NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07187, df = 41,000				
	Норма добрив	{1} 26,775	{2} 27,683	{3} 28,383	{4} 28,717
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000115	0,000060	0,000054
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000115		0,000115	0,000060
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000060	0,000115		0,004191
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000054	0,000060	0,004191	

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Бодицек) (Клейковина NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07187, df = 41,000					
	Норма добрив	Клейковина (Бодицек) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	26,77500	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	27,68333		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	28,38333			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	28,71667				****

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Бодицек) (Клейковина NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07187, df = 41,000				
	Норма висіву	{1} 27,508	{2} 28,083	{3} 28,233	{4} 27,733
1	300		0,000065	0,000054	0,046307
2	350	0,000065		0,178093	0,002821
3	400	0,000054	0,178093		0,000118
4	450	0,046307	0,002821	0,000118	

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Бодицек) (Клейковина NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07187, df = 41,000				
	Норма висіву	Клейковина (Бодицек) Mean	1	2	3
1	300	27,50833		****	
4	450	27,73333			****
2	350	28,08333	****		
3	400	28,23333	****		

Математична обробка даних вмісту клейковини в зерні пшениці озимої сорту**Реформ методом дисперсійного аналізу**

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Реформ) (Клейковина NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05480, df = 41,000				
	Норма добрив	{1} 26,342	{2} 27,300	{3} 28,058	{4} 28,442
1	N ₀ P ₀ K ₀		0,000115	0,000060	0,000054
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,000115		0,000115	0,000060
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,000060	0,000115		0,000354
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	0,000054	0,000060	0,000354	

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Реформ) (Клейковина NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05480, df = 41,000					
	Норма добрив	Клейковина (Реформ) Mean	1	2	3	4
1	N ₀ P ₀ K ₀	26,34167	****			
2	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	27,30000		****		
3	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	28,05833			****	
4	N ₇₅ P ₆₀ K ₆₀	28,44167				****

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Реформ) (Клейковина NEW year) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05480, df = 41,000				
	Норма висіву	{1} 27,133	{2} 27,742	{3} 27,883	{4} 27,383
1	300		0,000060	0,000054	0,012520
2	350	0,000060		0,146006	0,000657
3	400	0,000054	0,146006		0,000066
4	450	0,012520	0,000657	0,000066	

Cell No.	Duncan test; variable Клейковина (Реформ) (Клейковина NEW year) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05480, df = 41,000				
	Норма висіву	Клейковина (Реформ) Mean	1	2	3
1	300	27,13333		****	
4	450	27,38333			****
2	350	27,74167	****		
3	400	27,88333	****		

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на вміст
клейковини в зерні пшениці озимої сорту Бодицек**

Effect	Univariate Tests of Significance for Клейковина (Бодицек) (Клейковина NEW average) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12448,98	1	12448,98	7170613	0,000000
Норма добрив	8,85	3	2,95	1699	0,000000
Норма висіву	1,27	3	0,42	243	0,000000
Error	0,02	9	0,00		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	8,85	87,28
Норма висіву	1,27	12,52
Інші фактори	0,02	0,20
	10,14	100%

**Математична оцінка істотності впливу досліджуваних чинників на вміст
клейковини в зерні пшениці озимої сорту Реформ**

Effect	Univariate Tests of Significance for Клейковина (Реформ) (Клейковина NEW average) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12127,52	1	12127,52	2686711	0,000000
Норма добрив	10,41	3	3,47	769	0,000000
Норма висіву	1,30	3	0,43	96	0,000000
Error	0,04	9	0,00		

Джерело варіації	Сума квадратів	Частка впливу факторів
Норма добрив	10,41	88,60
Норма висіву	1,30	11,06
Інші фактори	0,04	0,34
	11,75	100%

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ПП «МРІЯ-2010»

Анатолій ЯКОВЕНЧУК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«04» серпня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0124U003080 Формування урожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу
(номер держреєстрації, назва теми)

яка виконана в період з 20.09.2024 р. по 04.08.2025 р.

Впроваджено комплекс агротехнологічних заходів при вирощуванні пшениці озимої сорту Реформ на площі 35 га. Встановлено вплив мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ за норми висіву насіння 350 шт./м² на формування агрофітоценозу. Отримано рівень урожайності зерна на рівні 6,74 т/га.

(назва результату, що впроваджується)

Керівник теми: КЛИМИШЕНА Ріта Іванівна

Виконавець теми: СВИНАР Микола Миколайович

Комісія в складі:

голова комісії: ЯКОВЕНЧУК Анатолій Миколайович
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії: ГОРАШ Олександр Савич
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

ХОМІНА Вероніка Ярославівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ПП «МРІЯ-2010»

«04» 08 2025 р.

Голова комісії: Анатолій ЯКОВЕНЧУК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Члени комісії: Олександр ГОРАШ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Вероніка ХОМІНА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Підписи засвідчую:

Учений секретар Коф. О. Коберник

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ВК «ІСКРА-2007»

Тарас МАНЬКОВСЬКИЙ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«04» серпня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0124U003080 Формування урожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу
(номер держреєстрації, назва теми)

яка виконана в період з 20.09.2024 р. по 04.08.2025 р.

Впроваджено комплекс агротехнологічних заходів при вирощуванні пшениці озимої сорту Реформ на площі 60 га. Встановлено вплив мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ за норми висіву насіння 400 шт./м² на формування агрофітоценозу. Отримано рівень урожайності зерна на рівні 6,85 т/га.

(назва результату, що впроваджується)

Керівник теми: КЛИМИШЕНА Ріта Іванівна

Виконавець теми: СВИНАР Микола Миколайович

Комісія в складі:

голова комісії: МАНЬКОВСЬКИЙ Тарас Михайлович
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії: ГОРАШ Олександр Савич
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

ХОМІНА Вероніка Ярославівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ВК «ІСКРА-2007»

«04» 08 2025 р.

Голова комісії: Тарас МАНЬКОВСЬКИЙ
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Члени комісії: Олександр ГОРАШ
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Вероніка ХОМІНА
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Підписи засвідчую:

Членкиня *СВИНАР* *Проф. О. Коберник*



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ТОВ «Буковинський сад»
Олена КОЗАК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
«08» серпня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0124U003080 Формування урожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу
(номер держреєстрації, назва теми)

яка виконана в період з 25.09.2024 р. по 08.08.2025 р.

Впроваджено комплекс агротехнологічних заходів при вирощуванні пшениці озимої сорту Бодицек на площі 45 га. Встановлено вплив мінеральних добрив N₇₅P₆₀K₆₀ при нормі висіву насіння 350 шт./м². Отримано рівень урожайності зерна на рівні 7,25 т/га.
(назва результату, що впроваджується)

Керівник теми: КЛИМИШЕНА Ріта Іванівна
Виконавець теми: СВИНАР Микола Миколайович

Комісія в складі:

голова комісії: КОЗАК Олена Федорівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії: ХОМІНА Вероніка Ярославівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

ВІЛЬЧИНСЬКА Людмила Аліковна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ТОВ «Буковинський сад»

«08» 08 2025 р.

Голова комісії: Олена КОЗАК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Члени комісії: Вероніка ХОМІНА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Людмила ВІЛЬЧИНСЬКА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Підписи засвідчую:

Учений секретар Коф- О. Кобернюк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ФГ «Беррі»

Іван КАРПІЛОВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«01» серпня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0124U003080 Формування урожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу
(номер держреєстрації, назва теми)

яка виконана в період з 27.09.2024 р. по 01.08.2025 р.

Впроваджено комплекс агротехнологічних заходів при вирощуванні пшениці озимої сорту Реформ на площі 50 га. Встановлено вплив мінеральних добрив $N_{75}P_{60}K_{60}$ за норми висіву насіння 350 шт./м² на формування агрофітоценозу. Отримано рівень урожайності зерна на рівні 7,70 т/га.

(назва результату, що впроваджується)

Керівник теми: КЛИМИШЕНА Ріта ІванівнаВиконавець теми: СВИНАР Микола Миколайович

Комісія в складі:

голова комісії: КАРПІЛОВ Іван Михайлович
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії: ГОРАШ Олександр Савич
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)
ХОМІНА Вероніка Ярославівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ФГ «Беррі»

«01» 08 2025 р.

Голова комісії: Іван КАРПІЛОВ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Члени комісії: Олександр ГОРАШ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Вероніка ХОМІНА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Підписи засвідчую:

Засвідчую *секретар* *проф. О. Кобернюк*



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ФГ «Зоря»

Людмила ДРОГОРУБ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«05» серпня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0124U003080 Формування урожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від застосування технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу
(номер держреєстрації, назва теми)

яка виконана в період з 30.09.2024 р. по 05.08.2025 р.

Впроваджено комплекс агротехнологічних заходів при вирощуванні пшениці озимої сорту Бодицек на площі 30 га. Встановлено вплив мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ за норми висіву насіння 400 шт./м² на формування агрофітоценозу. Отримано рівень урожайності зерна на рівні 6,40 т/га.

(назва результату, що впроваджується)

Керівник теми: КЛИМИШЕНА Ріта ІванівнаВиконавець теми: СВИНАР Микола Миколайович

Комісія в складі:

голова комісії: ДРОГОРУБ Людмила Болеславівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії: ГОРАШ Олександр Савич
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

ХМЕЛЯНЧИШИН Юрій Володимирович
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ФГ «Зоря»

«05» 08 2025 р.

Голова комісії:

(підпис)

Людмила ДРОГОРУБ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Члени комісії:

(підпис)

Олександр ГОРАШ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Юрій ХМЕЛЯНЧИШИН

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Підписи засвідчую:

Членкиня секретар Коф. О. Коберник

