МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ШАПОВАЛ СТАНІСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК 631.853.494:631.5:631.8

ДИСЕРТАЦІЯ

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ РІПАКУ ОЗИМОГО В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Спеціальність - 201 Агрономія
Галузь знань - 20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD)

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

Науковий керівник:
Горщар Владислав Іванович кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Дніпро – 2026

АНОТАЦІЯ

Шаповал С.С. Агротехнологічні заходи підвищення урожайності ріпаку озимого в Північному Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2026.

У дисертації виконано теоретичне узагальнення результатів досліджень і запропоновано науково обґрунтоване вирішення актуального завдання, спрямованого на вдосконалення агротехнологічних заходів вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України. Удосконалення досягнуто шляхом оптимізації строків сівби, норми висіву, системи азотного живлення та застосування регуляторів росту з урахуванням мінливості гідротермічних умов і генотипових особливостей сучасних гібридів. Метою роботи є підвищення урожайності та стабільності насіннєвої продуктивності ріпаку озимого, а також поліпшення якісних показників насіння і економічної ефективності технології в зоні ризикованого землеробства.

Ріпак озимий у структурі посівів України посідає стратегічне місце як високорентабельна олійна культура, однак у Північному Степу реалізація його продукційного потенціалу істотно обмежується дефіцитом вологи, температурними екстремумами осені та весни, ризиками зрідження посівів у зимовий період і нерівномірністю весняного відновлення вегетації. Це зумовлює потребу в науково обґрунтованому керуванні стартовим розвитком рослин восени, оптимізації щільності стояння, точному дозуванні та розподілі азотного живлення, а також застосуванні регуляторів росту як інструменту стабілізації морфофізіологічного стану перед зимівлею. У сучасних умовах кліматичної мінливості саме інтеграція зазначених елементів технології формує межі реалізації потенціалу гібридів та визначає економічну доцільність вирощування культури.

Основною метою дослідження було встановити закономірності впливу

строків сівби, норми висіву, системи азотного живлення та осіннього застосування регуляторів росту на формування морфобіологічних параметрів, зимостійкості, показників продуктивності, якості насіння та економічної ефективності вирощування ріпаку озимого в Північному Степу України, а також обґрунтувати оптимальні поєднання агротехнологічних заходів для різних гідротермічних сценаріїв і генотипів.

Для досягнення поставленої мети програма досліджень передбачала вирішення таких *основних завдань:*

– визначити оптимальні строки сівби та норми висіву ріпаку озимого з урахуванням температурного режиму ґрунту, вологозабезпечення та ризиків переростання;

– встановити вплив азотного живлення (дози та розподіл внесення) на формування листкової поверхні, елементів структури врожаю, урожайності та якісних показників насіння;

– оцінити ефективність осіннього застосування регуляторів росту у фазі ВВСН 14–15 щодо оптимізації морфометричних параметрів, перезимівлі, структури врожаю і стабільності продуктивності;

– проаналізувати роль гідротермічних умов осені та зими у формуванні стартового розвитку, сили весняного відновлення і подальшої реалізації урожайності;

– здійснити статистичне моделювання та кореляційно-регресійний аналіз для визначення прогностичних показників урожайності;

– виконати економічну оцінку агротехнологічних варіантів і визначити ресурсно ощадні рішення з максимальною рентабельністю.

Уперше для умов Північного Степу України у межах єдиної концепції інтегрованої технології вирощування ріпаку озимого обґрунтовано оптимальні параметри строків сівби та норми висіву, раціональний рівень азотного живлення із розподіленим внесенням, а також доцільність осіннього використання регуляторів росту як чинника стабілізації морфофізіологічної структури рослин і компенсації погодних стресів. Встановлено, що ефективність окремих

технологічних елементів є генотипозалежною та визначається сезонним сценарієм осіннього гідротермічного режиму, що формує стартові морфологічні відмінності й подальшу силу весняного відновлення.

Уперше:

– показано, що оптимальна температура ґрунту для проростання насіння ріпаку озимого (14–17 °C) найчастіше формується при сівбі 10–20 вересня, тоді як ранні строки (20–30 серпня) супроводжуються перегрівом ґрунту, дефіцитом вологи та уповільненням появи сходів;

– встановлено, що найвища зимостійкість (збереження розеток 84–87%) забезпечується за сівби 10–20 вересня, коли морфобіологічні параметри (діаметр кореневої шийки та маса рослин) відповідають оптимуму перезимівлі, а надмірна маса та довжина листків за ранніх строків є індикатором переростання;

– експериментально підтверджено, що максимальна урожайність насіння (3,04 т/га) і олійність (45,6%) досягаються за поєднання норми висіву 0,7 млн шт./га та строку сівби 10 вересня, що забезпечує ефективне використання площі живлення, оптимальне покриття ґрунту листовою масою та рівномірний розвиток репродуктивних органів;

– доведено істотний вплив рівня азотного живлення на продуктивність: без азоту урожайність становила 2,47 т/га, тоді як за дворазового внесення N150 (N90+N60) – 4,17 т/га, приріст 1,70 т/га (68,8%);

– встановлено, що дворазове внесення N150 забезпечує оптимальне формування листкової поверхні, інтенсивний розвиток продуктивних органів, збільшення кількості стручків і маси 1000 насінин, підвищує вміст білка в насінні до 22,1% при збереженні високого рівня жиру, що забезпечує максимальний збір білка і жиру з гектара;

– обґрунтовано, що економічна ефективність є найвищою при N150: умовно-чистий прибуток – 56,7 тис. грн/га, рентабельність – 152,7%, тоді як підвищення доз азоту понад 150 кг/га не забезпечує істотного приросту врожайності або економічної вигоди.

Удосконалено:

– підходи до оптимізації технології вирощування ріпаку озимого в Північному Степу України шляхом поєднання строків сівби 10–20 вересня, норми висіву 0,7 млн рослин/га та оптимізованого азотного живлення 120–150 кг/га з розподіленим внесенням як ресурсно ощадної системи формування продуктивного агроценозу;

– систему осінньої регуляції росту в технології ріпаку озимого, що забезпечує керування архітектонікою рослин перед зимівлею та підвищення стабільності продуктивності за контрастних гідротермічних умов.

Набули подальшого розвитку:

– уявлення про роль осіннього гідротермічного режиму як фактора, що формує межі реалізації потенціалу культури: у сприятливому сезоні індекс погодного режиму (ІПР) перевищував 110 %, тоді як у посушливому 2024/25 р. знижувався до 70–75 %, що зумовлювало зменшення маси рослин до 71 % та зростання висоти точки росту до 118 % із відповідним зниженням перезимівлі до 58–81 %;

– наукові підходи до прогнозування врожайності на основі морфологічних показників осіннього розвитку та сили весняної реакції: кореляційний аналіз підтвердив високу прогностичну цінність маси рослини восени, діаметра кореневої шийки та індексу весняного відновлення (r до 0,83), а регресійна модель пояснила 87 % варіації врожайності.

У дисертації доведено, що осіннє застосування регуляторів росту у фазі 4–5 справжніх листків (ВВСН 14–15) є ефективним агротехнологічним прийомом стабілізації морфофізіологічного стану рослин та компенсації погодних стресів. Застосування препаратів Карамба Турбо, Фолікур, Еламік та Ретацел позитивно впливало на біометричні показники рослин: найбільш виражений ретардантний ефект відзначено за використання Еламік та Карамба Турбо – зниження висоти рослин на 8,8–15,0 % і 12,6–23,7 %, зменшення висоти точки росту на 24,9–36,6 % та збільшення діаметра кореневої шийки на 12,6–42,8 % порівняно з контролем. Осіннє внесення регуляторів росту також підвищувало елементи структури врожаю: кількість стручків на рослині зростала на 10,1–19,4 %, кількість насіння у

стручку – на 2,8–5,8 %, маса 1000 насінин – на 1,8–7,4 %. Регулятори росту забезпечували приріст урожайності 0,47–0,65 т/га, причому найстабільніший ефект продемонстрував Фолікур; інші препарати також забезпечували достовірне збільшення врожаю. Показано, що ефективність регуляторів росту є генотипозалежною: серед досліджених гібридів найвищу адаптивність та найменший відносний спад урожайності в умовах жорсткого стресу забезпечував гібрид Темптейшн, який поєднував оптимальні показники осіннього розвитку з найвищими індексами весняної реакції.

У дослідженнях застосовували загальноприйняті польові та лабораторні методи. Обробку результатів виконували з використанням методів математичної статистики, зокрема дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу, що забезпечило надійність отриманих висновків.

Узагальнення експериментальних даних дало змогу вдосконалити наявні елементи технології вирощування ріпаку озимого та адаптувати їх до умов господарств різних форм землеволодіння і рівня матеріально-технічного забезпечення Північного Степу України. Практична перевірка результатів досліджень здійснювалася у виробничих умовах, де вони були успішно використані в господарствах Північного Степу України (ТОВ «ДВК», ТОВ «Агроленд 2019» Синельниківського району Дніпропетровської області, ТОВ «Хеліантус» Самарівського району Дніпропетровської області) на загальній площі понад 400 га. У виробничих умовах господарств застосування рекомендованих елементів технології вирощування ріпаку озимого, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов, сприяло стабільному підвищенню урожайності насіння та зростанню економічної ефективності виробництва.

Дисертація містить вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел і додатки.

У процесі експерименту встановлено, що оптимальні морфобіологічні параметри та високі показники продуктивності ріпаку озимого формуються при сівбі 10–20.09 нормою 0,7 млн шт/га. За таких умов температура ґрунту для проростання підтримується на рівні 14–17 °С, забезпечується достатня

інтенсивність ростових процесів без переростання, формується розетка з високою часткою збереження (84–87%) і стабільний потенціал весняного відновлення. Збільшення густоти понад 0,7 млн шт./га або надто ранні строки сівби знижували продуктивність і економічну ефективність вирощування культури.

Доведено, що оптимізація азотного живлення у межах 120–150 кг/га із розподіленим внесенням є доцільною для формування високопродуктивних і ресурсно ощадних агроценозів: дворазове внесення N150 (N90+N60) забезпечувало урожайність 4,17 т/га проти 2,47 т/га без азоту, підвищувало вміст білка до 22,1% і забезпечувало найвищі економічні показники (умовно-чистий прибуток 56,7 тис. грн/га, рентабельність 152,7%). Подальше зростання доз азоту понад 150 кг/га не забезпечувало істотного приросту врожайності або економічної вигоди.

Показано, що погодні умови осіннього періоду формують межі реалізації потенціалу культури, визначаючи стартові морфологічні відмінності та подальшу силу весняного відновлення. За посушливого сценарію (ІПР 70–75%) знижувалася маса рослин, зростала висота точки росту, а перезимівля падала до 58–81 %. Регулятори росту частково компенсували погодні стреси та забезпечували приріст урожайності 0,47–0,65 т/га; кореляційний аналіз підтвердив прогностичну цінність маси рослин восени, діаметра кореневої шийки та індексу весняного відновлення (r до 0,83), а регресійна модель пояснила 87 % варіації врожайності. Серед досліджених генотипів найвищу стабільність продуктивності за жорсткого стресу забезпечував гібрид Темптейшн.

В результаті науково обґрунтовано, що раціональне управління основними елементами технології (строки сівби 10–20.09, норма висіву 0,7 млн шт/га, оптимізоване азотне живлення 120–150 кг/га із розподіленим внесенням та осіннє застосування регуляторів росту) забезпечує підвищення урожайності, поліпшення якісних показників насіння та зростання економічної ефективності вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України.

Ключові слова: *ріпак озимий, строки сівби, норма висіву, азотне живлення, регулятори росту, зимостійкість, структура врожаю, урожайність, олійність, економічна ефективність*.

ABSTRACT

Shapoval S.S. Agrotechnological Measures for Increasing the Yield of Winter Oilseed Rape in the Northern Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in specialty 201 – Agronomy. – Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2026.

The dissertation provides a theoretical generalization of the research results and proposes a scientifically substantiated solution to an актуальне scientific problem aimed at improving agrotechnological measures for the cultivation of winter oilseed rape under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The improvement is achieved through optimization of sowing dates, seeding rates, nitrogen fertilization systems and the use of growth regulators, taking into account the variability of hydrothermal conditions and genotype-specific characteristics of modern hybrids. The aim of the research is to increase yield and stability of seed productivity of winter oilseed rape, as well as to improve seed quality parameters and the economic efficiency of cultivation technology in the zone of risky farming.

Winter oilseed rape occupies a strategic position in the cropping structure of Ukraine as a highly profitable oilseed crop; however, in the Northern Steppe its production potential is significantly limited by moisture deficit, temperature extremes in autumn and spring, risks of stand thinning during winter, and uneven spring regrowth. These constraints necessitate scientifically grounded management of early autumn plant development, optimization of plant density, precise dosing and distribution of nitrogen fertilization, and the use of growth regulators as a tool for stabilizing the morphophysiological status of plants prior to overwintering. Under current conditions of climatic variability, the integration of these technological elements determines the limits of hybrid performance realization and the economic feasibility of crop production.

The main objective of the study was to establish the regularities of the influence of sowing dates, seeding rates, nitrogen fertilization systems and autumn application of growth regulators on the formation of morphobiological parameters, winter hardiness,

productivity indicators, seed quality and economic efficiency of winter oilseed rape cultivation in the Northern Steppe of Ukraine, as well as to substantiate optimal combinations of agrotechnological measures for different hydrothermal scenarios and genotypes.

To achieve this objective, the research program addressed the following tasks:

- to determine optimal sowing dates and seeding rates of winter oilseed rape considering soil temperature regime, moisture availability and the risk of overgrowth;
- to establish the effect of nitrogen fertilization (rates and distribution) on leaf area formation, yield structure elements, seed yield and quality parameters;
- to assess the effectiveness of autumn application of growth regulators at the BBCH 14–15 stage in optimizing morphometric traits, overwintering success, yield structure and productivity stability;
- to analyze the role of autumn and winter hydrothermal conditions in shaping early development, spring regrowth intensity and subsequent yield realization;
- to perform statistical modeling and correlation–regression analysis to identify prognostic indicators of yield;
- to conduct an economic evaluation of agrotechnological variants and identify resource-efficient solutions with maximum profitability.

For the first time under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, within a unified concept of an integrated technology for winter oilseed rape cultivation, optimal parameters of sowing dates and seeding rates, a rational level of nitrogen fertilization with split application, and the feasibility of autumn use of growth regulators as a factor of morphophysiological stabilization and compensation for weather stress were substantiated. It was established that the effectiveness of individual technological elements is genotype-dependent and determined by the seasonal scenario of the autumn hydrothermal regime, which forms initial morphological differences and the subsequent strength of spring regrowth.

Novel Contributions:

- it was shown that the optimal soil temperature for winter oilseed rape seed

germination (14–17 °C) is most often formed when sowing is carried out between 10 and 20 September, whereas early sowing (20–30 August) is accompanied by soil overheating, moisture deficit and delayed emergence;

- it was established that the highest winter hardiness (rosette survival of 84–87%) is ensured by sowing on 10–20 September, when morphobiological parameters (root collar diameter and plant mass) correspond to the overwintering optimum, while excessive plant mass and leaf length under early sowing indicate overgrowth;
- it was experimentally confirmed that the maximum seed yield (3.04 t/ha) and oil content (45.6%) are achieved with a seeding rate of 0.7 million seeds/ha and sowing on 10 September, which ensures efficient use of the nutrition area, optimal soil coverage by leaf mass and uniform development of reproductive organs;
- a significant effect of nitrogen fertilization level on productivity was proven: without nitrogen application yield amounted to 2.47 t/ha, whereas with double application of N150 (N90+N60) yield reached 4.17 t/ha, providing an increase of 1.70 t/ha (68.8%);
- it was established that double application of N150 ensures optimal leaf area formation, intensive development of productive organs, an increase in the number of pods and thousand-seed weight, raises protein content in seeds to 22.1% while maintaining a high oil level, thus ensuring maximum protein and oil yield per hectare;
- it was substantiated that economic efficiency was highest at N150: net profit amounted to 56.7 thousand UAH/ha and profitability reached 152.7%, whereas increasing nitrogen rates above 150 kg/ha did not result in a significant yield increase or economic benefit.

Improvements:

- approaches to optimizing winter oilseed rape cultivation technology in the Northern Steppe of Ukraine through the combination of sowing dates of 10–20 September, a seeding rate of 0.7 million plants/ha and optimized nitrogen fertilization of 120–150 kg/ha with split application as a resource-efficient system

for forming a productive agrocenosis;

- the system of autumn growth regulation in winter oilseed rape technology, ensuring control of plant architectonics before overwintering and increased productivity stability under contrasting hydrothermal conditions.

Further developed:

- concepts regarding the role of the autumn hydrothermal regime as a factor shaping the limits of crop potential realization: in a favorable season the weather response index exceeded 110%, whereas in the drought-affected 2024/25 season it decreased to 70–75%, resulting in reduced plant mass (to 71%) and increased growth point height (to 118%), with a corresponding decline in overwintering to 58–81%;
- scientific approaches to yield forecasting based on autumn morphogenesis indicators and spring regrowth strength: correlation analysis confirmed the high prognostic value of autumn plant mass, root collar diameter and spring regrowth index (r up to 0.83), while the regression model explained 87% of yield variation.

The dissertation demonstrates that autumn application of growth regulators at the 4–5 true leaf stage (BBCH 14–15) is an effective agrotechnological practice for stabilizing plant morphophysiological status and compensating for weather stress. Application of Caramba Turbo, Folicur, Elamik and Retacel positively affected biometric parameters: the most pronounced retardant effect was observed with Elamik and Caramba Turbo, reducing plant height by 8.8–15.0% and 12.6–23.7%, decreasing growth point height by 24.9–36.6%, and increasing root collar diameter by 12.6–42.8% compared to the control. Autumn application of growth regulators also improved yield structure elements: the number of pods per plant increased by 10.1–19.4%, seeds per pod by 2.8–5.8%, and thousand-seed weight by 1.8–7.4%. Growth regulators provided a yield increase of 0.47–0.65 t/ha, with the most stable effect demonstrated by Folicur; other preparations also ensured a statistically significant yield increase. It was shown that the effectiveness of growth regulators is genotype-dependent; among the studied hybrids, Temptation demonstrated the highest adaptability and the smallest relative yield

reduction under severe stress, combining optimal autumn development with the highest spring response indices.

The study employed standard field and laboratory methods. Data processing was performed using mathematical statistics, including analysis of variance, correlation and regression analysis, ensuring the reliability of the conclusions.

Generalization of experimental data made it possible to improve existing elements of winter oilseed rape cultivation technology and adapt them to farms of different land ownership forms and levels of material and technical support in the Northern Steppe of Ukraine. Practical validation of the research results was carried out under production conditions, where they were successfully implemented in farms of the Northern Steppe of Ukraine (LLC "DVK", LLC "Agrolend 2019" of Synelnykove district, Dnipropetrovsk region; LLC "Heliantus" of Samariv district, Dnipropetrovsk region) on a total area exceeding 400 ha. Under production conditions, the application of the recommended technological elements, adapted to local soil and climatic conditions, contributed to a stable increase in seed yield and improved economic efficiency of winter oilseed rape production.

The dissertation consists of an introduction, six chapters, conclusions, recommendations for production, a list of references and appendices.

It was established that optimal morphobiological parameters and high productivity of winter oilseed rape are formed when sowing is carried out on 10–20 September with a seeding rate of 0.7 million seeds/ha. Under these conditions, soil temperature for germination remains within 14–17 °C, sufficient growth intensity without overgrowth is ensured, rosette survival reaches 84–87%, and a stable potential for spring regrowth is formed. Increasing seeding rates above 0.7 million seeds/ha or excessively early sowing reduced productivity and economic efficiency.

It was proven that optimization of nitrogen fertilization within 120–150 kg/ha with split application is expedient for forming highly productive and resource-efficient agrocenoses: double application of N150 (N90+N60) ensured a yield of 4.17 t/ha compared to 2.47 t/ha without nitrogen, increased protein content to 22.1%, and provided the highest economic indicators (net profit 56.7 thousand UAH/ha, profitability 152.7%).

Further increases in nitrogen rates above 150 kg/ha did not lead to a significant yield increase or economic benefit.

It was shown that autumn weather conditions define the limits of crop potential realization by determining initial morphological differences and subsequent spring regrowth strength. Under drought conditions (weather response index 70–75%), plant mass decreased, growth point height increased, and overwintering declined to 58–81%. Growth regulators partially compensated for weather stress and ensured yield increases of 0.47–0.65 t/ha; correlation analysis confirmed the prognostic value of autumn plant mass, root collar diameter and spring regrowth index (r up to 0.83), while the regression model explained 87% of yield variation. Among the studied genotypes, the Temptation hybrid demonstrated the highest productivity stability under severe stress.

As a result, it was scientifically substantiated that rational management of key technological elements (sowing dates of 10–20 September, seeding rate of 0.7 million seeds/ha, optimized nitrogen fertilization of 120–150 kg/ha with split application, and autumn use of growth regulators) ensures increased yield, improved seed quality and enhanced economic efficiency of winter oilseed rape cultivation under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Keywords: *winter oilseed rape, sowing dates, seeding rate, nitrogen fertilization, growth regulators, winter hardiness, yield structure, productivity, oil content, economic efficiency.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

1. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Вплив строків сівби і норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 258–262. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

2. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Ефективність використання регуляторів росту рослин в посівах ріпаку озимого в Степу України. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 145(2). С. 196–203. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

3. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Ефективність азотних підживлень ріпаку озимого в Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 319–323. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

4. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Продуктивність гібридів ріпаку озимого в умовах міжсезонних кліматичних коливань за різних варіантів регуляції росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 34. С. 174–177. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

Тези і матеріали наукових конференцій

5. **Шаповал С. С.**, Горщар В. І. Вплив попередників на продуктивність ріпаку озимого в Степу України. *Наукові основи адаптивного землеробства*: мат. Міжнар. наук.–практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народження д-ра с.-г. наук, проф., акад. Ф. Т. Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров’я рослин (м. Дніпро, 16–17 травня 2024 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2024. С. 233–235. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

6. **Шаповал С. С.,** Горщар В. І. Продуктивність гібридів ріпаку озимого на фоні застосування регуляторів росту. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*: мат. VIII Міжнар. наук.–практ. конф. до 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету (м. Дніпро, 19–20 листопада 2024 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2024. С. 65–67. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

7. **Шаповал С. С.,** Горщар В. І. Вплив строків сівби і норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого. *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі*: мат. V Всеукр. наук.–практ. конф. (с. Олександрівка, Дніпропетровська обл., 10 квітня 2025 р.). Дніпро, 2025. С. 199–201. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

8. **Шаповал С. С.,** Горщар В. І. Вплив норм і строків внесення азотних добрив на продуктивність ріпаку озимого в умовах Північного Степу України. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*: мат. IX Міжнар. наук.–практ. конф. (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2025. С. 68–70. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

ЗМІСТ

	ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1	СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	26
	1.1. Ріпак озимий у світовій та національній системі землеробства	26
	1.2. Біологічні та екологічні особливості культури	29
	1.3. Вплив строків сівби, норм висіву, живлення і регуляторів росту на продуктивність ріпаку озимого	32
	1.4 Економічна й екологічна доцільність оптимізованої технології вирощування ріпаку озимого	45
	Висновки до розділу 1	49
РОЗДІЛ 2	УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
	2.1 Кліматичні і ґрунтові умови	50
	2.2 Метеорологічні умови вегетаційних сезонів ріпаку озимого (2022–2025 рр.)	54
	2.3 Схема та методика експериментальних досліджень	64
	Висновки до розділу 2	73
РОЗДІЛ 3	РІСТ, РОЗВИТОК, ЗИМОСТІЙКІСТЬ ТА УРОЖАЙНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ І НОРМ ВИСІВУ	75
	3.1 Польова схожість ріпаку озимого залежно від строків сівби і норм висіву	75
	3.2 Формування морфобіологічних параметрів рослин ріпаку озимого в осінній період	78
	3.3 Перезимівля та збереженість рослин ріпаку озимого залежно від строків сівби і норм висіву	85
	3.4 Фотосинтетична діяльність посівів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву	94
	3.5 Формування структури врожаю, урожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву	102

	Висновки до розділу 3	112
РОЗДІЛ 4	ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ	114
	4.1 Умови реалізації весняних азотних підживлень ріпаку озимого	114
	4.2 Ріст і розвиток ріпаку озимого за різних режимів азотного живлення	117
	4.3 Формування асиміляційного апарату як механізм реалізації продуктивності	122
	4.4 Формування структури врожаю, урожайності та якості насіння ріпаку озимого за різних режимів азотного живлення	129
	Висновки до розділу 4	139
РОЗДІЛ 5	ЕФЕКТИВНІСТЬ ОСІННЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ У ФОРМУВАННІ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РІПАКУ ОЗИМОГО	141
	5.1 Погодні умови осінньо-зимового періоду та передумови ефективності рістрегуляції	141
	5.2 Осінній морфогенез ріпаку озимого під впливом регуляторів росту	145
	5.3 Перезимівля та відновлення весняної вегетації ріпаку озимого як функція осінньої морфофізіологічної регуляції	151
	5.4 Фотосинтетична активність посівів ріпаку озимого залежно від осінньої регуляції росту	155
	5.5 Формування структури врожаю та насіннєвої продуктивності гібридів ріпаку озимого під впливом осіннього застосування регуляторів росту	160
	Висновки до розділу 5	166
РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО	169
	Висновки до розділу 6	175
	ВИСНОВКИ	177
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	180
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	181
	ДОДАТКИ	203

ВСТУП

Ведення ефективного сільського господарства в Північному Степу України в умовах зростаючої кліматичної мінливості значною мірою залежить від гідротермічних коливань, які визначають умови росту, розвитку та продуктивності польових культур. Для ріпаку озимого ці чинники мають особливе значення, оскільки культура характеризується високою чутливістю до умов осіннього розвитку, перезимівлі та інтенсивності весняного відновлення вегетації. У зв'язку з цим актуальним науковим завданням є адаптація технологій вирощування ріпаку озимого до змін клімату шляхом удосконалення строків сівби, норм висіву, системи азотного живлення та регуляції ростових процесів. Оптимізація агротехнологічних заходів у відповідних ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України є необхідною передумовою стабілізації урожайності, поліпшення якісних показників насіння та підвищення економічної ефективності виробництва.

Актуальність теми. Ріпак озимий (Brassica napus L.) — одна з провідних олійних культур сучасного землеробства, що водночас виконує агроекологічну, продовольчу й енергетичну функції. У глобальному вимірі він забезпечує до 15 % світового виробництва рослинної олії, а в країнах ЄС та Канади є основою біопаливної галузі. Україна належить до лідерів його вирощування: площі під культурою стабільно перевищують мільйон гектарів, а за експортом насіння й олії держава входить до п'ятірки найпотужніших постачальників світу.

Проте у зоні північного Степу України ріпак озимий залишається культурою підвищеного ризику. Короткий осінній період вегетації, нестача ґрунтової вологи, часті коливання температури й безсніжні зими обмежують реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів. Ці умови вимагають не лише адаптації загальновідомих агрономічних прийомів, а й побудови цілісної технологічної системи, де кожен елемент — строк сівби, норма висіву, система удобрення, регуляція росту — підпорядковується одному завданню: стабільному формуванню врожаю за мінливої кліматичної динаміки.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю наукового

обґрунтування адаптивної технології вирощування ріпаку озимого у північному Степу, що забезпечує оптимальне поєднання продуктивності, ресурсозбереження та економічної доцільності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження за тематикою дисертаційної роботи виконувалися відповідно до тематичного плану кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету в межах прикладної ініціативної науково-дослідної роботи «Розробити та науково обґрунтувати елементи екологічно збалансованих технологій вирощування польових культур в умовах Степу України» (01.2021–01.2026 рр.), що має номер державної реєстрації 0120U104843.

Одержані результати є складовою цієї програми та логічним продовженням досліджень кафедри з удосконалення технологічних елементів вирощування озимих культур у зоні ризикового землеробства.

Мета та завдання дослідження. Метою досліджень було науково обґрунтувати та експериментально оцінити вплив основних агротехнологічних чинників (строку сівби, норми висіву, системи азотного живлення та застосування регуляторів росту) на ріст і розвиток рослин, формування структури врожаю та економічну ефективність вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України.

Для досягнення мети були поставлені і вирішені наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан виробництва ріпаку озимого у світі та в Україні й обґрунтувати його роль у системі сталого землеробства;
- встановити вплив строків сівби та норм висіву на формування густоти стояння рослин, їх зимостійкість і продуктивність;
- визначити ефективність різних доз і способів внесення азотних добрив щодо формування елементів структури врожаю та якості насіння;
- оцінити дію регуляторів росту (Фолікур, Карамба Турбо, Еламік, Ретацел) на морфометричні показники, перезимівлю та врожайність сучасних гібридів;
- узагальнити результати досліджень і розробити науково обґрунтовані

елементи технології вирощування ріпаку озимого для умов Північного Степу України;

- визначити економічну ефективність досліджуваних технологічних варіантів.

Об'єкт дослідження: продукційний процес рослин ріпаку озимого в умовах Північного Степу України залежно від елементів технології вирощування.

Предмет дослідження: закономірності формування морфофізіологічного стану, зимостійкості та продуктивності ріпаку озимого залежно від строків сівби, норм висіву, рівня і розподілу азотного живлення та застосування регуляторів росту в умовах Північного Степу України.

Методи дослідження. Під час виконання дисертаційної роботи застосовували комплекс спеціальних і загальнонаукових методів досліджень, що забезпечило повноту, достовірність і наукову обґрунтованість отриманих результатів.

Основним був польовий метод, який використовували для вивчення впливу агротехнологічних чинників на ріст, розвиток і продуктивність ріпаку озимого, а також для оцінки взаємодії рослин з біотичними й абіотичними факторами ґрунтово-кліматичних умов Північного Степу України.

Лабораторні методи застосовували для аналізу рослин і насіння з метою визначення морфобіологічних показників, якісних характеристик продукції та особливостей взаємодії рослинного організму з умовами навколишнього середовища.

За допомогою вимірювально-вагових методів встановлювали динаміку росту рослин, проводили біометричні вимірювання, визначали елементи структури врожаю та рівень урожайності насіння.

Розрахунково-порівняльний метод використовували для оцінки економічної ефективності досліджуваних агротехнологічних варіантів та обґрунтування доцільності їх впровадження у виробництво.

Обробку експериментальних даних здійснювали з використанням методів

математичної статистики, зокрема дисперсійного та кореляційного аналізів, а також графічних способів подання результатів, що дозволило виявити закономірності впливу окремих чинників і їх поєднань на показники продуктивності культури.

Для наукового обґрунтування мети досліджень, реалізації поставлених завдань і узагальнення отриманих результатів поряд зі спеціальними методами застосовували загальнонаукові методи пізнання, зокрема діалектичний підхід, аналіз і синтез, індукцію і дедукцію, формулювання гіпотез, моделювання та спостереження.

Наукова новизна. У дисертаційній роботі отримано нові наукові результати, що полягають у комплексному обґрунтуванні та експериментальній перевірці агротехнологічних заходів підвищення урожайності ріпаку озимого в умовах Північного Степу України з урахуванням мінливості гідротермічних умов і генотипових особливостей сучасних гібридів.

Уперше для умов Північного Степу України в межах єдиної інтегрованої технологічної концепції здійснено оцінку ефективності поєднання строків сівби, норм висіву, системи азотного живлення та осіннього застосування регуляторів росту як взаємопов’язаних чинників формування морфофізіологічного стану рослин, зимостійкості та стабільності насіннєвої продуктивності ріпаку озимого. Встановлено, що результативність окремих елементів технології є генотипозалежною та значною мірою визначається сценарієм осіннього гідротермічного режиму, який формує стартові морфологічні параметри й подальшу силу весняного відновлення вегетації.

Уперше:

- встановлено, що оптимальні умови для проростання насіння ріпаку озимого (температура ґрунту 14–17 °С) у Північному Степу України найчастіше формуються за строків сівби 10–20 вересня, тоді як ранні строки (20–30 серпня) супроводжуються перегрівом ґрунту, дефіцитом вологи та уповільненням появи сходів;
- доведено, що найвищий рівень зимостійкості ріпаку озимого (84–87 %

збережених розеток) забезпечується за сівби у другій декаді вересня, коли морфобіологічні параметри рослин (діаметр кореневої шийки, маса надземної частини) відповідають оптимальним вимогам перезимівлі;

- експериментально підтверджено, що максимальна урожайність насіння (3,04 т/га) та олійність (45,6 %) досягаються за поєднання норми висіву 0,7 млн шт./га і строку сівби 10 вересня, що забезпечує раціональне використання площі живлення та рівномірний розвиток репродуктивних органів;
- встановлено істотний вплив рівня та розподілу азотного живлення на продуктивність культури: за дворазового внесення N150 (N90 + N60) урожайність зростала до 4,17 т/га порівняно з 2,47 т/га без внесення азоту, що відповідало приросту 68,8 %;
- доведено, що оптимізоване азотне живлення сприяє підвищенню вмісту білка в насінні до 22,1 % за збереження високого рівня жиру, забезпечуючи максимальний збір поживних речовин з одиниці площі;
- обґрунтовано, що найвищі показники економічної ефективності формуються за рівня азотного живлення N150: умовно-чистий прибуток становив 56,7 тис. грн/га, рентабельність — 152,7 %, тоді як подальше підвищення доз азоту не забезпечувало економічно доцільного ефекту.

Удосконалено:

- елементи технології вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України шляхом науково обґрунтованого поєднання строків сівби 10–20 вересня, норми висіву 0,7 млн рослин/га та оптимізованого азотного живлення 120–150 кг/га із розподіленим внесенням як ресурсно ощадної системи формування високопродуктивного агроценозу;
- підходи до осінньої регуляції росту ріпаку озимого, що забезпечують цілеспрямоване керування архітектонікою рослин перед зимівлею та підвищення стабільності урожайності за контрастних гідротермічних умов.

Набули подальшого розвитку:

- наукові уявлення про роль осіннього гідротермічного режиму у формуванні меж реалізації потенціалу ріпаку озимого, зокрема встановлено, що зниження індексу погодного режиму до 70–75 % зумовлює істотне погіршення морфологічних параметрів рослин і зменшення рівня перезимівлі до 58–81 %;
- підходи до прогнозування урожайності ріпаку озимого на основі морфологічних показників осіннього розвитку та інтенсивності весняного відновлення вегетації, що підтверджено високими значеннями коефіцієнтів кореляції (r до 0,83) та регресійною моделлю, яка пояснює до 87 % варіації урожайності.

Практичне значення одержаних результатів. Узагальнення експериментальних даних дало змогу вдосконалити наявні елементи технології вирощування ріпаку озимого та адаптувати їх до умов господарств різних форм землеволодіння і рівня матеріально-технічного забезпечення Північного Степу України. Практична перевірка результатів досліджень здійснювалася у виробничих умовах, де вони були успішно використані в господарствах Північного Степу України (ТОВ «ДВК», ТОВ «Агроленд 2019» Синельниківського району Дніпропетровської області, ТОВ «Хеліантус» Самарівського району Дніпропетровської області) на загальній площі понад 400 га. У виробничих умовах господарств застосування рекомендованих елементів технології вирощування ріпаку озимого, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов, сприяло стабільному підвищенню урожайності насіння та зростанню економічної ефективності виробництва.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є завершеним самостійним дослідженням, виконаним здобувачем на основі польових і лабораторних досліджень, проведених у виробничих умовах ТОВ «ДВК» Синельниківського району Дніпропетровської області.

Автором самостійно визначено напрям досліджень, сформульовано мету і завдання, розроблено програму та схеми дослідів, обґрунтовано методику проведення експериментів. Польові роботи, фенологічні та біометричні

спостереження, обліки зимостійкості, структури врожаю та урожайності ріпаку озимого виконувалися особисто або за безпосередньої участі здобувача.

Здобувач самостійно здійснив лабораторні аналізи, статистичну обробку експериментальних даних, їх узагальнення та інтерпретацію, а також підготував дисертаційну роботу, сформулював висновки і рекомендації для виробництва. Практичну перевірку та впровадження результатів досліджень у виробничих умовах проведено за участю автора.

Усі результати, наведені в дисертації, отримані особисто здобувачем. У спільних публікаціях йому належить провідна роль у постановці завдань, виконанні експериментальної частини та аналізі результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Зокрема, результати досліджень представлено на Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові основи адаптивного землеробства», присвяченій 100-річчю від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка Ф. Т. Моргуна та 90-річчю Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету (м. Дніпро, 16–17 травня 2024 р.), де висвітлено вплив попередників на продуктивність ріпаку озимого в умовах Степу України.

Окремі положення дисертації апробовано на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 19–20 листопада 2024 р.), де розглянуто продуктивність гібридів ріпаку озимого на фоні застосування регуляторів росту.

Результати досліджень щодо впливу строків сівби та норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого доповідалися на V Всеукраїнській науково-практичній конференції «Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі» (с. Олександрівка,

Дніпропетровська обл., 10 квітня 2025 р.).

Питання оптимізації норм і строків внесення азотних добрив та їх впливу на продуктивність ріпаку озимого в умовах Північного Степу України були представлені на IX Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.).

Основні результати дисертаційної роботи систематично обговорювалися та затверджувалися на засіданнях кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження оприлюднено у 8 наукових працях, зокрема у 4 статтях у фахових наукових виданнях України та у 4 публікаціях у матеріалах і тезах науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота викладена на 202 сторінках, складається з анотації, вступу, шести розділів, що містять 31 таблицю і 13 рисунків, висновків, рекомендацій для практичного використання у виробництві, списку використаних джерел (227 найменувань) та додатків.

РОЗДІЛ 1

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Ріпак озимий у світовій та національній системі землеробства

Ріпак озимий (Brassica napus L.) сьогодні належить до стратегічних олійних культур світового аграрного комплексу, посідаючи третє місце після сої та пальмової олії у виробництві жирів рослинного походження [1, 2]. Його значення виходить далеко за межі продовольчого сектору: це універсальна сировина для біопалива, фармацевтичної й хімічної промисловості, а також важливий чинник енергетичної безпеки Європейського Союзу. Завдяки цій багатофункціональності ріпак перетворився на системоутворювальний елемент світової агроенергетичної економіки.

Світове виробництво насіння ріпаку у 2024 р. перевищило 80 млн т із тенденцією до подальшого зростання [3, 4]. Основними виробниками залишаються Канада, Китай, Індія, Австралія та держави ЄС. Частка ріпаку у глобальній структурі олійних культур становить понад 15 %, а за експортом — близько чверті світового обігу. Водночас особливість сучасного ринку полягає у диверсифікації споживання: ріпакова олія дедалі частіше використовується не лише для харчових цілей, а й як базовий компонент біодизеля, що відповідає курсу провідних країн на скорочення викидів парникових газів і досягнення вуглецевої нейтральності [2, 4].

В європейських країнах культура інтегрована у систему сталого землеробства. Ріпак активно використовують як попередник пшениці, як сидеральну й медоносну культуру; його включення до сівозмін сприяє поліпшенню фітосанітарного стану ґрунту та підвищенню біорізноманіття агроландшафтів. У рамках стратегії «European Green Deal» ріпак розглядають як частину збалансованого енергетичного циклу, здатного зменшити залежність від викопного палива.

Упродовж останніх двох десятиліть площі під ріпаком у світі зросли більш ніж утричі, перевищивши 38 млн га. Найвищі обсяги вирощування мають Канада, Китай, Індія, Німеччина, Франція та Польща [4]. Європейський Союз щороку збирає понад 18–20 млн т насіння, забезпечуючи близько половини глобального експорту ріпакової олії. Показово, що понад 60 % цього обсягу спрямовується на виробництво біопалива [4].

В Україні ріпак озимий став однією з найдинамічніших культур початку XXI століття. Починаючи з 2000-х років, його посівні площі зросли з 300 тис. га до понад 1,2 млн га у 2023–2024 рр. [5]. Україна стабільно входить до ТОП-5 експортерів насіння ріпаку, формуючи понад 10 % світового експорту. Основними торговельними партнерами є країни ЄС — Німеччина, Польща, Франція, Нідерланди. Валютні надходження від експорту ріпаку та продуктів його переробки у 2025 р. перевищили 1,5 млрд дол. США, що є одним із найвищих показників серед олійних культур країни [4, 5].

Середня врожайність культури в Україні становить 3,0–3,4 т/га, проте істотно варіює залежно від зони. У північному Степу, де поєднуються висока сонячна радіація та часті дефіцити вологи, стабільність урожаю визначається рівнем технологічної дисципліни — від вибору гібриду до системи живлення й строків сівби. Саме тому створення адаптованих технологічних схем вирощування є ключовим напрямом підвищення ефективності культури [6-9].

Дослідники Лазар Т.І., Лапа О.М., Чехов А.В., Свидинюк І.М. зазначають, що стабільність виробництва ріпаку в Україні зумовлюється не стільки генетичним потенціалом гібридів, скільки точністю дотримання технологічних параметрів. Регіональні дослідження, які враховують особливості клімату та ґрунтового покриву, набувають визначального значення [10, 11].

Поступове потепління клімату суттєво впливає на географію ріпаківництва. За даними Українського гідрометеорологічного інституту, середньорічна температура повітря в північному Степу за останні 30 років зросла на 1,1–1,3 °C, а період активної вегетації подовжився на 8–12 діб. Це створює додаткові можливості для ефективного вирощування ріпаку навіть у традиційно ризикованих зонах [12,

13].

Подібні тенденції спостерігаються і в інших країнах: у Німеччині та Польщі зсув строків сівби на 5–7 днів пізніше дозволяє зменшити ризик переростання рослин восени; у Канаді та Китаї активно впроваджуються системи прецизійного землеробства, які забезпечують контроль густоти стояння, рівня живлення й вологості. Такі підходи підвищують стабільність і ресурсну ефективність виробництва [29-32].

Сучасні технологічні системи вирощування ріпаку дедалі частіше розглядаються у контексті сталого землеробства. Завдяки добре розвиненій кореневій системі культура поліпшує структуру ґрунту, збагачує його органічною речовиною й зменшує потребу в мінеральних добривах для наступних культур на 10–15 % [14-20]. Це підтверджено практикою господарств Франції та Чехії, де впровадження рапсових сівозмін знизило агрохімічне навантаження без втрат продуктивності.

За прогнозами FAO [4], до 2030 р. світове споживання ріпакової олії зросте ще на 25 %, а її використання в енергетичному секторі — у 1,8 раза. Це означає, що попит на культуру залишатиметься стабільним навіть за коливань ринку зернових. У такому контексті ріпак озимий виступає не лише об’єктом аграрного виробництва, а й компонентом нової агроенергетичної парадигми, де поєднуються економічна доцільність, екологічна рівновага та соціальна сталість, про що вказують в своїх працях Ю. Кернасюк, Г.Б. Супіханов, Н. Терещенко та інші [21-25].

Для північного Степу України питання ефективної агротехнології вирощування ріпаку набуває особливої ваги. Саме тут, де поєднуються континентальність клімату, дефіцит вологи й висока варіабельність температур, визначальною стає гармонізація біологічного потенціалу гібридів із природними умовами. Як показали дослідження Ткачука О.П., Разанова С.Ф., Банул С.О., Мельника А.В., Бондарчук І.Л. та ін., ефективність культури забезпечується системним поєднанням сортового складу, строків сівби, норм висіву, живлення й застосування регуляторів росту [26-28].

Отже, сучасна тенденція розвитку ріпаківництва — це регіоналізація технологій: кожен кліматичний підрайон потребує власної адаптованої моделі, яка враховує температурний і вологісний режим, агрофон і біологію гібридів. У цьому й полягає стратегічний напрям розвитку науки про екологічно орієнтовану агротехнологію ріпаку озимого в Україні.

1.2. Біологічні та екологічні особливості культури

Ріпак озимий (Brassica napus L.) — дворічна культура родини капустяних (Brassicaceae), яка відзначається складним фотоперіодичним розвитком і високою чутливістю до тривалості осінньої вегетації. На відміну від більшості зернових, ця культура потребує певного періоду яровизації, тому гармонія між температурним режимом, вологозабезпеченням і тривалістю світлового дня визначає не лише морфогенез, а й подальшу врожайність. Для формування морфологічно зрілої розетки рослині необхідно 45–60 днів активного росту восени за середньодобової температури 5–8 °C [33-35].

Ключовим етапом є фаза 4–6 листків (BBCH 14–16), коли рослина закладає основи майбутньої зимостійкості. У цей період формується коренева шийка діаметром 8–10 мм, нагромаджуються запасні вуглеводи, білки та ліпіди. Якщо розетка розвивається надто інтенсивно, рослина витягується, і висота точки росту перевищує критичну межу 2 см — у такому разі знижується морозостійкість і зростає ризик вимерзання. Навпаки, недорозвинена розетка зі слабкою кореневою системою втрачає здатність швидко регенерувати навесні [36, 37]. Таким чином, успіх культури визначається не просто строками сівби, а точним балансом між вегетативним і адаптаційним розвитком.

В умовах північного Степу ріпак озимий стикається з двома системними викликами — нестійким зволоженням у період сходів і різкими температурними коливаннями взимку. Часті відлиги, короткочасні морози та безсніжні зими формують ризикові умови, коли рослина мусить одночасно зберігати життєздатність і не переростати. Тому в практиці сучасного землеробства все

більшого значення набуває цілеспрямоване формування збалансованої рослини восени — такої, що має низьку точку росту, потовщену шийку й оптимальне співвідношення кореневої та листкової маси [38-40].

Ефективним інструментом керування ростовими процесами є морфорегулятори — препарати типу Фолікур, Карамба Турбо, Еламік, Ретацел. Їхня дія спрямована на обмеження надмірного видовження міжвузлів, стимулювання потовщення шийки та нагромадження пластичних речовин. Як наслідок, клітини листків і кореня накопичують більше цукрів і проліну, що підвищує осмотичну стійкість і стрес-резистентність до холоду [34, 45, 46]. Таке регулювання росту перетворює агрономію ріпаку на процес тонкого налаштування фізіологічних ритмів рослини.

Ріпак озимий має потужну кореневу систему стрижневого типу, яка проникає у ґрунт на глибину до 2 м, утворюючи густу мережу бічних корінців. Це забезпечує ефективне використання глибших горизонтів вологи та поживних речовин, але водночас робить культуру чутливою до ущільнення орного шару [41]. Для ґрунтів північного Степу, що часто характеризуються середньою щільністю і слабкою структурністю, обов’язковим є глибоке рихлення або чизелювання під передпосівний обробіток. Без цього рослини формують поверхневу кореневу систему, що різко знижує їх стійкість до літньої посухи.

У біологічному сенсі ріпак — теплолюбна, світлолюбна й вологолюбна культура з помірним запитом на суму ефективних температур (450–500 °С для осінньої вегетації). Оптимальна кількість опадів у зоні його вирощування має становити 500–600 мм за рік, з яких близько третини — на осінній та весняний періоди. У північному Степу цей баланс часто порушується, тому агрономічна стратегія має базуватися на гнучкому поєднанні строків сівби, густоти стояння та регуляції росту, щоб максимально використати наявну вологу.

Сучасні гібриди, зокрема Темптейшн, Імплемент, Сіквел, демонструють високу екологічну пластичність і компенсаторну здатність, але для повної реалізації потенціалу потребують стабільного азотного живлення та помірного росторегулювання. Саме збалансованість цих чинників — живлення, густоти,

температури та морфорегуляції — визначає успіх ріпаку в зоні ризикового землеробства [42, 43, 44, 49, 51].

Як підкреслюють Волкогон В.В., Камінський В.Ф. саме співвідношення надземної й підземної маси наприкінці осені визначає зимостійкість і швидкість відновлення вегетації навесні. Температурний діапазон активного росту культури становить +5…+18 °С, а загартовані рослини витримують короткочасні морози до –18 °С [47, 48]. Оптимальні строки сівби забезпечують формування розетки висотою 12–15 см і шийкою 8–10 мм, що відповідає максимуму адаптаційного потенціалу [44].

Європейські дослідження показали, що пізні строки сівби можуть зменшувати урожайність ріпаку на 15–20 %, однак використання ретардантів частково компенсує ці втрати — до 10 %. В Україні подібні результати отримали Кравчук В.С. та Овчарук О.В.: при сівбі у другій половині серпня й застосуванні морфорегуляторів урожайність залишалася на рівні оптимальних строків, а показники зимостійкості були навіть вищими [50].

Вологозабезпечення залишається ключовим екологічним чинником. За даними Junk J. et al. (2024), дефіцит води у фазі бутонізації знижує площу листкової поверхні на 25 % і врожайність на 0,6–0,9 т/га [53]. Для Степу України критичним є не стільки рівень опадів, скільки їх нерівномірність: посуха другої половини літа часто обмежує розвиток сходів. Тому передпосівна обробка насіння біостимуляторами та підбір гібридів із коротшою осінньою вегетацією — це провідні напрями адаптації культури до кліматичної мінливості [45, 47].

Коренева система ріпаку, завдяки своїй проникній здатності, виконує ще й екологічну функцію структуроутворення. Після збирання в ґрунті залишається до 4–5 т/га органічної маси, що поліпшує аерацію й водопроникність, а також сприяє економії до 30 кг/га азоту для наступної культури [50]. Таким чином, ріпак не лише споживач ресурсів, а й активний відновлювач родючості ґрунту.

За енергетичним потенціалом культура також має переваги: коефіцієнт використання фотосинтетично активної радіації сягає 3,5 % проти 2,1 % у зернових [50]. Листкова поверхня ріпаку залишається функціонально активною навіть при

зниженій освітленості, що забезпечує сталий фотосинтетичний баланс восени. Це пояснює, чому ріпак розглядають як важливу ланку у біоенергетичному циклі сучасних агроекосистем.

У Степу України екологічна адаптивність культури є вирішальною. За даними Мусієнко М.М. та Оканенко А.С., у періоди тривалої посухи ріпак зберігає фотосинтетичну активність на рівні 60–70 % від оптимальної, що забезпечує відновлення росту при першій нагоді. Проте надлишкове азотне живлення або запізніле внесення підживлень може підвищити ризик ураження фомозом і циліндроспоріозом [40, 41]. Саме тому сучасні системи живлення в Україні й Європі орієнтовані на комбінацію мінеральних добрив із регуляторами росту, які часто мають і фунгіцидну дію [45].

Дослідження Cesar M. et al. (2018) підтверджують, що застосування регуляторів росту у фазі ВВСН 14–15 стабілізує архітектоніку рослин, зменшує ризик вилягання, підвищує концентрацію запасних вуглеводів у шийці й, відповідно, їхню морозостійкість [54].

Отже, біологічна природа й екологічна поведінка ріпаку озимого вимагають точного, науково виваженого агротехнологічного супроводу. Культура реагує на найменші відхилення у строках сівби, густоті стояння чи системі живлення — і ці коливання можуть коштувати 15–25 % потенційної врожайності [48, 52]. Ріпак озимий — це рослина точності, а не сили: він віддячує не за інтенсивність, а за гармонію між біологією й технологією.

1.3. Вплив строків сівби, норм висіву, живлення і регуляторів росту на продуктивність ріпаку озимого

Одним із базових параметрів агротехнології ріпаку озимого є строк сівби — перший і найчутливіший елемент у системі управління продукційним процесом. Саме він визначає тривалість осінньої вегетації, глибину яровизації, нагромадження пластичних речовин і, врешті, біологічну готовність рослин до перезимівлі. У цьому сенсі строк сівби виступає не просто календарним орієнтиром, а

функціональним параметром, що інтегрує вплив температури, вологості та фотоперіоду в єдиний адаптивний комплекс [55].

Вибір строку сівби належить до тих технологічних рішень, які визначають не лише рівень урожайності, а й якість насіння та "конфігурацію" вегетаційного періоду культури. У наукових публікаціях підкреслюється, що оптимальний строк сівби працює як своєрідне "вікно можливостей": за його дотримання рослина повніше використовує зовнішні умови для росту й розвитку, тоді як навіть невеликі відхилення здатні спричинювати відчутні втрати врожаю на що вказують в своїх працях Курцев В.О. та Вишнівський П.С. [56, 57].

При цьому календарний підхід — "сіяти в такі-то числа" — у практиці часто виявляється недостатнім. Погодні умови істотно варіюють за роками, а мікроумови господарства й навіть окремого поля впливають на темп прогрівання та зволоження ґрунту, швидкість появи сходів і подальший розвиток посіву. Тому в літературі поширений більш коректний підхід: орієнтація на польові індикатори (насамперед температуру посівного шару, фізичну стиглість ґрунту та запаси продуктивної вологи), а не лише на дату в календарі. Це підтверджується даними Влащука А.М., Войташенко Д.П., Волощука О.П., Распутенко А.О. та ін. [58, 59].

Логіка цього підходу проста: ріст і розвиток рослин формуються як цілісна система взаємодії з факторами середовища. Відповідно, технологічно важливо, щоб критичні періоди онтогенезу не потрапляли в зони високого ризику — наприклад, у період дефіциту вологи чи температурних стресів. Саме тому оптимізація строків сівби розглядається як спосіб узгодити тривалість окремих етапів вегетації з реальними метеорологічними умовами сезону [60].

Окремо підкреслюється роль ранніх строків сівби для культур, що висіваються навесні: ранній посів зазвичай забезпечує краще використання ґрунтової вологи, дружніші сходи та повнішу реалізацію потенціалу гілкування і плодоутворення. Водночас надто ранній посів може підвищувати ризик ушкодження сходів поворотними заморозками, а критичні фази розвитку — навпаки — зміщувати в періоди посушливих явищ. У пізніх посівах література описує типову проблему: насіння часто потрапляє у пересушений посівний шар,

сходи з’являються нерівномірно, формується розріджений стеблостій, а насіння має тенденцію бути менш виповненим, що позначається і на виході олії.

Узагальнюючи, наукові джерела сходяться в тому, що найкращі умови для росту й розвитку (у досліджуваних регіонах та в межах конкретних технологій) частіше формуються за ранніх або середніх строків сівби, тоді як пізні строки стабільно підвищують ризики зниження врожайності й якості. Проте одночасно підкреслюється: “єдиного універсального” строку не існує — його коригують з урахуванням прогнозу погоди на період вегетації, запасів продуктивної вологи, засміченості поля та сортових/гібридних особливостей [59, 60].

Ріпак озимий належить до культур з чітко вираженою фотоперіодичною реакцією. Для повного проходження яровизації та формування розетки рослина потребує не менше 45–60 днів активної вегетації восени при середньодобових температурах 5–8 °C і сумі ефективних температур близько 450–500 °C. Якщо ця умова не виконується, фаза розетки залишається неповною, і рослини входять у зиму недостатньо загартованими. Надлишок тепла, навпаки, призводить до переростання та підняття точки росту, що різко знижує морозостійкість [50].

У природних умовах північного Степу ці біологічні вимоги накладаються на високу кліматичну мінливість. Тут осінь коротка, із швидким спадом температур і частими періодами дефіциту опадів. Тому агрономічне «вікно» для сівби зазвичай обмежується 12–15 днями. Дослідження Мазура В.А., Мацери О.О. показали, що найвищі показники перезимівлі (понад 90 %) та врожайності (3,5–4,2 т/га) досягалися за сівби в інтервалі 25 серпня – 10 вересня, коли рослини формували розетку з 6–8 листків і кореневу шийку діаметром 8–10 мм [61].

У цей період середньодобова температура утримується в межах 15–18 °C, вологість орного шару становить 18–22 %, а вегетаційний період до зниження температури нижче 5 °C триває 45–50 діб — саме ті умови, які вважаються оптимальними для розвитку ріпаку озимого в умовах Степу [62, 63]. При сівбі до 20 серпня рослини часто переростають: формується розетка з 10–12 листків, точка росту підіймається до 3–4 см, а шийка втрачає потовщення, що веде до зниження вмісту цукрів на 15–20 %. Якщо ж сівбу затримати після 25 вересня, тривалість

осінньої вегетації скорочується до 25–30 діб, і розетка не встигає сформувати критичну масу для успішного зимування [64].

Подібні закономірності підтверджені зарубіжними дослідженнями. У Німеччині Béreš et al. (2019) довели, що запізнення з сівбою на 10–14 діб призводить до зменшення врожайності на 0,5–0,8 т/га через недостатнє нагромадження біомаси. У Канаді Biswas et al. (2016) виявили, що надто рання сівба за надлишку азоту спричиняє переростання, зменшення запасів цукрів у шийці та підвищення втрат узимку [77, 78]. В українських Щербаков В.Я., Юркевич Є.О. встановили, що навіть зсув строків на 5 днів поза оптимумом зменшує весняну густоту посівів на 12–18 % [65, 66]. Отже, календар сівби — не технічна формальність, а стратегічна основа технології.

У технології вирощування ріпаку норма висіву розглядається як один із головних важелів керування густотою стояння, площею живлення та архітектонікою посіву. У працях Забарного О.С, Забарної Т.А. вказується, що як надмірно загущені, так і надмірно розріджені посіви є технологічно й економічно невиправданими, оскільки змінюють співвідношення між елементами структури врожаю та посилюють стресову конкуренцію або, навпаки, “розпорошують” використання ресурсів [67, 68].

Норма висіву залежить не лише від “бажаної густоти”, а й від якості насіння (маса 1000 насінин, чистота, схожість) та польових умов появи сходів. У прикладних рекомендаціях обґрунтовано перехід від суто вагового підходу до розрахунку за кількістю схожих насінин на гектар, адже саме він точніше відображає майбутню щільність стеблостою. Важливо, що норма висіву працює не ізольовано: її коригують залежно від способу сівби та ширини міжрядь, адже це змінює площу живлення рослин і характер конкуренції в посіві, що підтверджується результатами Керимова А.Н. та Остапенка А.І. [69].

У розріджених посівах ріпак, за даними багатьох авторів, демонструє помітну здатність до компенсації через посилення гілкування й плодоутворення. Однак у таких умовах частіше зростають непродуктивні втрати вологи через випаровування з відкритого ґрунту та підвищується ризик забур’янення, що зрештою може

“з’їдати” потенційний виграш від кращого індивідуального розвитку рослин [67, 69]. Натомість у загущених посівах посилюється внутрішньовидова конкуренція: рослини слабше гілкуються, формують менше генеративних органів, а посів гірше провітрюється, що підвищує вразливість до ураження хворобами та ускладнює формування повноцінного насіння [70]. Додатково акцентується, що надмірне загущення на високому фоні живлення підвищує ризик вилягання та втрат під час збирання.

Узагальнення досліджень свідчить: оптимальна норма висіву — величина не стала. Вона змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки, вологозабезпечення, фону живлення, засміченості та генетичних особливостей сорту/гібриду.

Оптимальний строк сівби неможливо розглядати окремо від норми висіву, адже між цими двома параметрами існує функціональний зв’язок: строк визначає енергетику росту, а норма — архітектоніку посіву. Ранньо-серпневі строки вимагають зниження норми висіву до 0,6 млн схожих насінин/га, аби зменшити конкуренцію й не допустити переростання рослин. Оптимальні строки (25 серпня – 10 вересня) забезпечують найкращу рівномірність при 0,7 млн насінин/га, тоді як запізнені (після 20 вересня) потребують підвищення норми до 0,8–0,9 млн для компенсації ймовірних втрат узимку [61, 65].

Дослідження Bousselin X., Corlouer E. підтверджують, що оптимальною для помірно континентальних умов є густота 40–50 рослин/м², за якої формується повноцінне розгалуження, рівномірне цвітіння та стійкість до вилягання. Надмірна густота призводить до підвищення вологості приземного шару, посилення ураження хворобами та зниження кількості стручків на рослину, тоді як надмірне розрідження (менше 35 рослин/м²) викликає надмірне розгалуження й нерівномірне дозрівання, що ускладнює збирання й знижує якість насіння [29, 30].

Забарний О.С. підкреслює, що фактична весняна густота є результатом взаємодії трьох чинників — норми висіву, строку сівби та зимових втрат, а не лише якості насіння. Тому технологічна дисципліна у цей період визначає не стільки стартову кількість рослин, скільки майбутню структуру врожаю [67]. У польових

дослідах на півночі Дніпропетровщини ріпак, висіяний 1 вересня при 0,7 млн схожих насінин/га, зберіг 86 % рослин після зими й забезпечив 4,1 т/га, тоді як варіант 15 вересня при 0,9 млн насінин/га мав лише 62 % перезимівших і 3,3 т/га [63].

У європейських країнах густоту стояння розглядають як частину екологічного менеджменту. У Франції (INRAE, 2022) зафіксовано, що посіви з густотою 45 рослин/м² мали на 15 % нижчу потребу в азоті навесні, оскільки оптимальне розміщення рослин покращує мікроклімат і фотосинтетичну ефективність. Натомість у Великій Британії ранньо-серпневі посіви зі зменшеною нормою 0,6 млн насінин/га дозволяли знизити ризик фомозу, що корелює з результатами вітчизняних досліджень Лавриненка Ю.О, Влащука А.М. та Шапаря Л. В. [70]. Це підтверджено і результатами низки досліджень Нереуцького С.Г., Полякова О.І., Юрчука С.С. проведених в різних агрокліматичних зонах України [71-75].

Отже, поєднання оптимального строку сівби з погодженою нормою висіву створює передумови для формування збалансованої популяції рослин, здатної максимально реалізувати генетичний потенціал гібридів. Це своєрідна «рамка» для подальших технологічних рішень — живлення, регуляції росту, захисту, — адже саме тут закладається архітектура майбутнього врожаю. Ріпак озимий реагує на строки і густоту не механічно, а фізіологічно: через співвідношення фотосинтезу та дихання, нагромадження резервних цукрів, інтенсивність формування розетки. У північному Степу, де кліматичне вікно коротке, ці параметри перетворюються на критично важливі елементи адаптаційної стратегії.

Одним із ключових елементів технології вирощування ріпаку озимого є система мінерального живлення, зокрема раціональний розподіл азотних добрив упродовж вегетаційного періоду. За даними низки зарубіжних і вітчизняних досліджень, дробне внесення азоту забезпечує більш рівномірне живлення рослин, сприяє кращому розвитку кореневої системи та ефективнішому використанню ґрунтової вологи й елементів живлення [76, 78, 79]. Зокрема, встановлено, що поділ загальної дози азоту на кілька прийомів дозволяє істотно підвищити врожайність

насіння порівняно з одноразовим внесенням, водночас зменшуючи ризик непродуктивних втрат поживних речовин [80].

Дослідження Адаменка С свідчать, що фосфорні та калійні добрива доцільніше вносити під попередник або під основний обробіток ґрунту, що забезпечує формування оптимального поживного режиму для ріпаку на початкових етапах органогенезу. При цьому азотне живлення слід коригувати з урахуванням вмісту мінерального азоту в ґрунті, попередника та агрометеорологічних умов року [83].

Ріпак озимий вирізняється підвищеною потребою в мікроелементах, передусім у борі, цинку та марганці. Особливо гостро дефіцит мікроелементів проявляється на ґрунтах із нейтральною або слабколужною реакцією, а також у роки з посушливими умовами чи за холодної весняної погоди. За таких обставин доступність поживних речовин із ґрунту знижується, що негативно позначається на рості та розвитку рослин. Водночас молібден на вапнованих ґрунтах, як правило, не потребує додаткового внесення через підвищену рухомість цього елемента.

Установлено, що для формування 1 ц насіння ріпаку озимого рослини споживають у середньому 5–6 кг фосфору та близько 6 кг калію, що зумовлює необхідність урахування вмісту цих елементів у ґрунті при розробці системи удобрення. Практика локального внесення добрив — на кілька сантиметрів глибше від рівня загортання насіння або під передпосівну культивацію — вважається ефективною з погляду підвищення коефіцієнта використання поживних речовин [81, 82].

Водночас осінні азотні підживлення для ріпаку озимого здебільшого оцінюються як небажані, оскільки вони не сприяють формуванню потужної кореневої системи, викликають надмірний ріст надземної маси й підвищують ризик ушкодження рослин у період зимівлі. Натомість весняні азотні підживлення, проведені в один або два прийоми — по мерзлоталому ґрунту та на початку відновлення весняної вегетації, — забезпечують суттєве зростання врожайності насіння [84, 85].

Дослідження Господаренка Г.М., Лихочвора В.В., Курача О.В. та ін.,

виконані в умовах різних ґрунтово-кліматичних зон, показали, що саме азотні підживлення є визначальним чинником формування врожайності ріпаку озимого, тоді як фосфорні й калійні добрива за достатньої забезпеченості ґрунту цими елементами можуть не давати істотної прибавки врожаю [86-88]. При цьому встановлено, що надмірні дози азоту негативно впливають на вміст олії в насінні, знижуючи його на 1–1,5 % порівняно з оптимальними рівнями живлення.

Особливу увагу в системі живлення ріпаку озимого слід приділяти сірці та бору. Дефіцит сірки може бути компенсований використанням азотних добрив, що містять цей елемент, зокрема сч за рахунок сульфату амонію у весняних підживленнях. Бор, у свою чергу, доцільно вносити у вигляді борних добрив або шляхом позакореневого підживлення в період бутонізації — до початку цвітіння [76].

Загалом, результати багаторічних досліджень свідчать, що ріпак озимий споживає поживні речовини в 1,5–2 рази інтенсивніше, ніж зернові культури, що зумовлює підвищені вимоги до рівня мінерального живлення. Водночас оптимальна система удобрення має бути диференційованою, з урахуванням ґрунтових умов, попередника, погодних факторів та рівня запланованої врожайності. Саме такий підхід дозволяє поєднати високу продуктивність культури з економічною доцільністю та екологічною безпекою технології.

Окрему увагу дослідники приділяють ролі мікроелементів у живленні ріпаку озимого. Встановлено, що культура характеризується підвищеною потребою в борі, сірці, цинку та марганці, особливо на ґрунтах із нейтральною або лужною реакцією. Дефіцит сірки та бору призводить до істотного зниження врожайності й порушення процесів формування генеративних органів, тоді як їх своєчасне внесення сприяє стабілізації продуктивності посівів.

Таким чином, сучасна агротехнологія ріпаку озимого в північному Степу немислима без оптимізації системи живлення, насамперед азотного, сірчаного й борного блоків, які визначають напрям і швидкість продукційного процесу. За своєю біологічною природою ріпак є культурою інтенсивного типу, з високими потребами в елементах живлення, особливо під час осіннього періоду, коли

формується розетка, і весняного — коли відбувається активна генерація біомаси. На відміну від зернових, ця культура має потужну листкову поверхню та високий коефіцієнт фотосинтетичної активності, що зумовлює потребу в постійному азотному потоці протягом усього періоду вегетації [44, 65, 84].

Теоретично азот для ріпаку виконує не лише поживну, а й регуляторну функцію — він є "енергетичним посередником" між фотосинтезом, синтезом білків і нагромадженням жиру. Недостатнє азотне живлення стримує формування листкової поверхні, зменшує вміст хлорофілу та активність Rubisco-комплексу, унаслідок чого знижується інтенсивність фотосинтезу та закладається менша кількість генеративних органів. Надлишок же азоту, особливо у поєднанні з ранніми строками сівби, сприяє переростанню розетки, підняттю точки росту й погіршенню зимостійкості, що підтверджено у дослідах Beres J., Biswas D., Ferguson B. [77-79].

Оптимізація доз і термінів внесення азоту є предметом багаторічних досліджень у різних агрокліматичних зонах. Ferguson B. (2016) у Канаді довів, що дози понад N180 не забезпечують істотного приросту врожайності, проте різко збільшують втрати N_2O та ризик вилуговування [79]. Подібні результати отримано в роботах Malhi et al. (2014) та Jensen et al. (2015) — перевищення дози N понад 150 кг/га знижує коефіцієнт використання азоту на 20–25 %. Водночас у Франції Corlouer et al. (2024) та Shepherd et al. (2023) з'ясували, що двоетапне внесення N — перший етап восени, другий навесні — підвищує врожайність на 8–12 %, а коефіцієнт засвоєння N досягає 65–70 % [30].

Дослідження українських вчених (Бахмат М.І., Адаменко С., Лихочвор В.В.) підтверджують оптимальність діапазону N120–150 з корекцією за станом посівів та гідротермічним режимом [76, 83, 87]. Внесення амонійних форм (сульфат амонію, аміачна селітра) перед сівбою сприяє кращому укоріненню та накопиченню цукрів у кореневій шийці, що підвищує морозостійкість. Весняне дробне внесення (N_1 + N_2) дає змогу поєднати ефект «поштовху регенерації» й контрольованого росту. Дослідження Курача О.В., Злотенко О.Ю. доказали, що співвідношення N: S на рівні 6:1 є оптимальним для південного та північного Степу, оскільки дефіцит S

знижує вміст олії на 3–5 %, порушуючи співвідношення білка та жиру [88].

Додатково важливим є комплекс мікроелементів — бор, магній і калій. Бор (B) забезпечує формування провідних тканин і пилкової трубки, впливаючи на запліднення; магній (Mg) є центральним атомом молекули хлорофілу, тому його нестача призводить до фотосинтетичних втрат; калій (K) регулює осмотичний тиск, стійкість до посухи й зимові адаптації. У північному Степу баланс N–S–B–K–Mg стає критично важливим, оскільки ґрунти часто мають підвищений pH та низький уміст сірки й бору [85, 87].

Оптимізація азоту не лише підвищує врожайність, а й зменшує екологічне навантаження. У роботах Малярчука А.С., Пархуця Б., Снігового В.С., Гусєва М.Г. та ін. доведено, що точне дозування N знижує втрати нітратів у дренажні води до 30 % [89-92]. У США, Канаді за даними Enders T., Strader L., Leyser O. застосування диференційованого внесення за даними NDVI підвищило ефективність використання азоту на 12 % і зменшило обсяг добрив на 20 % [93, 94]. Такі результати переконливо свідчать, що ефективність живлення ріпаку — це не лише питання урожайності, а й елемент кліматичної стратегії та вуглецевого балансу агроекосистем.

У системі управління ріпаком регулятори росту виконують подвійну роль: вони згладжують фізіологічні дисбаланси, спричинені строками сівби, живленням і погодними умовами, та захищають від фітопатогенів. Теоретично їх дію можна розглядати як керування архітектурою рослини через гормональне пригнічення гіберелінів, що зменшує видовження клітин і стимулює потовщення кореневої шийки [95].

Corlouer та Béreš встановили, що застосування препаратів типу Фолікур, Карамба Турбо, Еламік, Ретацел у фазі BBCH 14–16 зменшує висоту рослин на 8–25 %, збільшує діаметр шийки на 10–20 %, а зимостійкість — на 15–18 % [30, 77]. У дослідах Кур’яти В.Г., Рогача В.В., Гуляєва Б.І. використання ретардантів дало додатково 0,4–0,6 т/га зерна й підвищило виживаність рослин після зими на 17 % [95]. Подібні результати одержано Raper і Brennan (2020) в Австралії — після морфорегуляції покращувався баланс між листковою та кореневою масою, а

енергія відновлення навесні зростала на 12–15 %.

Регулятори росту впливають також на фітосанітарний стан посівів. Завдяки наявності діючих речовин тебуконазолу, метконазолу або паклобутразолу вони пригнічують розвиток фомозу і циліндроспоріозу, що особливо актуально в умовах густих посівів та високої вологи приземного шару повітря (Claupein et al., 2018; Nesi et al., 2020). Тому в європейських країнах регулятори розглядають як елемент інтегрованої системи захисту рослин, а не лише як агрохімікати морфологічної дії.

Українські вчені Пономаренко С.П., Іутинська Г.О., Ретьман С. та ін. доповнюють ці висновки: поєднання осіннього внесення регуляторів із помірними дозами азоту дозволяє отримати вирівняну структуру посіву та зменшити вилягання у фазі цвітіння на 25–30 %. Важливо, що регулятори підвищують вміст вуглеводів у кореневій шийці на 15–20 %, що безпосередньо корелює з рівнем зимостійкості рослин [96, 97]. Отже, регуляція росту — це своєрідна “тонка настройка” між вегетативною силоутворюючою енергією та захисними механізмами клітини.

Хімічні регулятори росту, біостимулятори та мікроелементні препарати в технологіях вирощування ріпаку дедалі частіше розглядають як інструмент тонкого керування фізіологією рослин і стабілізації продуктивності за мінливих умов року. Їх застосування дає змогу впливати на інтенсивність ростових процесів, підвищувати толерантність до абіотичних стресів (посуха, температурні коливання, холодні періоди), а також підтримувати формування елементів структури врожаю та показників якості насіння [45, 47, 72, 76]. Водночас у наукових джерелах послідовно підкреслюють: найбільш виразний і відтворюваний ефект регуляторів росту проявляється не «сам по собі», а на фоні адекватної агрофонної підтримки, насамперед — збалансованого мінерального живлення. Тобто регулятори та біостимулятори доцільніше трактувати як надбудову до системи удобрення, яка не замінює NPK, а допомагає рослині повніше реалізувати закладений потенціал продуктивності [95, 96].

В окремих дослідженнях зазначено, що поєднання помірних доз макроелементів із передпосівною обробкою насіння та позакореневими

внесеннями мікроелементних чи водорозчинних комплексів забезпечувало максимальний приріст урожайності серед порівнюваних технологічних варіантів. За даними Гусєва М.Г. схема із внесенням N40P40K40 під основний обробіток, передпосівною обробкою насіння стимулювальним органо-мінеральним препаратом та позакореневим внесенням комплексного добрива у вегетації була найбільш результативною за урожайністю порівняно з іншими комбінаціями [91]. Така закономірність має зрозумілу фізіологічну логіку: макроживлення формує «ресурсну базу» (площу листкової поверхні, інтенсивність фотосинтезу, потенціал закладання репродуктивних органів), тоді як регулятори росту й біостимулятори частіше працюють як «механізм налаштування» — коригують реакції рослини на стрес і допомагають втримати продуктивність у критичні періоди.

Суттєва частина літератури присвячена передпосівній обробці насіння мікроелементами як способу поліпшення стартового розвитку й вирівнювання посівів. За даними Лукащука Л.Я., Злотенко О.Ю. та ін. застосування сумішей сульфатів магнію і цинку під час обробки насіння забезпечувало невелике, але статистично відчутне підвищення польової схожості [88]. У цьому контексті мікроелементи виконують не роль «підживлення в грамах», а роль усунення прихованих стартових обмежень, що часто проявляються саме в ранні фази органогенезу. Окремо описуються ефекти від застосування міді в малих дозах: обробка насіння сполуками Cu асоціювалася з активнішим ростом стручків і збільшенням маси 1000 насінин [87]. У низці робіт додатково аналізують мікроелементи у формах, що підвищують доступність (хелати, ультрадисперсні композиції), підкреслюючи їх можливий вплив на накопичення водорозчинних вуглеводів і деякі параметри продуктивності [64, 85]. Важливо, однак, що такі підходи потребують обережної інтерпретації, адже реакція культури значною мірою залежить від ґрунтового фону, забезпеченості вологою та конкретної форми елемента.

Позакореневі підживлення мікроелементами у ріпаку обґрунтовують передусім як оперативний прийом у періоди, коли кореневе живлення обмежується погодними чинниками (охолодження ґрунту, пересушення орного шару,

уповільнення надходження елементів). За даними Господаренка Г.М., використання солей Zn і Cu могло підвищувати олійність насіння: при застосуванні на насінні ефект був виразнішим, а при обробках у фазу бутонізації — помірним, але стабільним [85, 86]. Окремі результати вказують і на «якісні зсуви» насіння під дією мікроелементів у стресових умовах. Так, за даними зарубіжних авторів, позакореневе внесення $ZnSO_4$ за посухи знижувало вміст окремих небажаних компонентів (зокрема ерукової й пальмітинової кислот та глюкозинолатів) порівняно з контролем [80, 82]. У таких випадках мікроелементи проявляються не лише як «живлення», а і як регулятори ферментних систем, що забезпечують антиоксидантний захист і стабільність метаболізму.

Окремий напрям — поєднання мікроелементів із амінокислотними біостимуляторами та регуляторами росту у високопродуктивних технологіях. За даними польових досліджень, технологічний пакет, який включав дворазові позакореневі внесення мікроелементів (осінь і весна), дворазове застосування амінокислотних біостимуляторів і додатковий регулятор росту, підвищував продуктивність насіння в середньому на 9,6%, хоча реакція сортів і гібридів була неоднаковою [81]. Поряд із цим, у роботах, де проводили хімічний аналіз рослинних тканин, показано, що позакореневі внесення макро- і мікроелементів здатні змінювати концентрації елементів у соломі та насінні, що опосередковано пояснює вплив таких обробок на якість продукції. У практичному сенсі ці дані підкреслюють: біостимулятори мають найбільшу цінність як засіб «вирівнювання» технології, коли погодний сценарій року відхиляється від оптимального і зростає роль фізіологічної пластичності культури.

Разом із хімічними препаратами у літературі широко розглядають мікробіологічні засоби як елемент біологізації системи живлення. За даними Ретьмана С., Ткаленко Г. обробка насіння штамами Bacillus могла підвищувати польову схожість на 3–4% проти контролю [97]. Подібні дані трактують як підтвердження того, що біологічні препарати можуть підтримувати стартовий ріст і частково знижувати ризики нерівномірних сходів, однак їх ефективність, як правило, залежить від загального агрофону, вологості та температурного режиму.

Важливе місце посідають регулятори росту з ретардантною або морфорегулювальною дією, які змінюють архітектоніку посіву (висота рослин, інтенсивність гілкування, стійкість до вилягання). У дослідженнях Кур'яти В.Г., Рогача В.В. та ін. описано, що окремі регулятори росту можуть знижувати висоту рослин, збільшувати кількість гілок, позитивно впливати на врожайність насіння та масу 1000 насінин, при цьому не змінюючи суттєво вміст глюкозинолатів і профіль жирних кислот [95, 98]. Таран Н.Ю., Свєтлова Н.Б., Оканенко О.А. підкреслюють і залежність ефекту від умов року: у сезони з достатнім зволоженням позитивна реакція виразніша, тоді як за дефіциту вологи або інших обмежень відгук може бути слабшим [99]. Тараріко Ю.О., Личук Г.І. вказують на значення строків внесення: максимальна ефективність окремих препаратів фіксувалася при застосуванні у фазу бутонізації, коли формується значна частина репродуктивних структур і потреба в точному «підтриманні» фізіології рослин зростає [100].

Узагальнюючи, можна зробити практично значимий висновок: підвищення продуктивності та якості насіння ріпаку досягається не набором «сильних препаратів», а системністю — коли мінеральне живлення формує потенціал, а регулятори росту, мікроелементи, біостимулятори та біопрепарати допомагають стабілізувати реалізацію цього потенціалу в конкретних погодних і ґрунтових умовах року. Саме тому у фахових джерелах вчені наполягають на диференційованому підході до вибору препаратів, норм і строків внесення з урахуванням агрохімічного стану ґрунту, очікуваних стресів вегетації та біологічних особливостей сорту/гібриду [100-102].

1.4 Економічна й екологічна доцільність оптимізованої технології вирощування ріпаку озимого

З економічного погляду інтеграція регуляторів росту й раціонального живлення дає не лише агрономічний, а й фінансовий ефект. За даними Гамаюнової В.В., Гаро І.М., комплексна оптимізація (строки, норма, живлення, морфорегуляція) забезпечує додатковий дохід 5,5–6 тис. грн/га за рахунок приросту

урожаю на 0,5–0,8 т/га [103]. Польські та німецькі автори (Rathke et al., 2019; Sieling et al., 2020; Habekotté et al., 2021) зазначають, що застосування ретардантів у середньому підвищує рентабельність виробництва на 8–10 %, оскільки зменшує втрати врожаю в нестабільні зими й скорочує витрати на захист. В умовах північного Степу економічна доцільність виявляється ще яскравіше: морфорегуляція працює як страховий механізм від вимерзання та вилягання, забезпечуючи стабільний мінімум урожайності й зменшуючи ризики фінансових втрат у ризиковому землеробстві [105].

Таким чином, азотне живлення та регуляція росту в сучасній технології ріпаку озимого взаємодіють як єдина функціональна пара: перше створює ресурсну базу для росту, друге контролює темп і спрямування розвитку. Їх синергія визначає успіх технології в умовах північного Степу, де дефіцит вологи та температурні гойдалки вимагають не сили, а точності. Правильно збалансована система живлення з регуляцією росту дозволяє ріпаку реалізувати генетичний потенціал гібридів і забезпечує високу екологічну пластичність культури в умовах зміни клімату [35, 48, 65, 103, 105].

Стійкість і прибутковість вирощування ріпаку озимого в умовах північного Степу залежать не стільки від максимізації окремих технологічних прийомів, скільки від гармонізації системи загалом. У зоні з високим рівнем кліматичного ризику аграрна ефективність визначається не лише середнім рівнем урожайності, а й стабільністю результату між роками, тобто здатністю культури відтворювати прийнятний рівень урожаю навіть за стресових умов. Саме тому в сучасному агровиробництві дедалі частіше говорять не про «інтенсифікацію будь-якою ціною», а про інтелектуальну адаптацію технології до умов середовища [104, 106].

З позицій економічної теорії ефективність вирощування ріпаку визначається балансом між виробничими витратами та доданою вартістю продукції [106]. Проте у практиці Степу цей баланс значною мірою формується не ринковими, а природними чинниками. Коливання зимових температур, часті безсніжні періоди, різкі відлиги — усе це створює передумови для зрідження посівів і, відповідно, втрати прибутку. У цьому контексті оптимізація технологічних елементів (строк,

норма, живлення, регулятори росту) стає не лише агрономічним, а й економічним інструментом ризик-менеджменту [105, 106].

В економічній моделі північного Степу саме стабільність виступає головною формою прибутковості. За результатами Коковіхіна С.В., Донця А.О., Шаталова В.В., технологічна стабільність системи «строки + живлення + регуляція» дає змогу скоротити міжрічну амплітуду врожайності з 1,6 до 0,8 т/га [105]. Тобто йдеться не лише про середній рівень продуктивності, а про зменшення ризику неврожайних років, що для аграріїв південного сходу України має більшу вартість, ніж приріст у сприятливі сезони.

З макроекономічного погляду ріпак озимий виконує роль мультифункціонального стабілізатора аграрної економіки. Він водночас забезпечує валютні надходження від експорту насіння й олії, створює зайнятість у сільських громадах і формує агроенергетичну сировинну базу. За даними FAO та Єврокомісії (2024), Україна посідає п’яте місце у світі за експортом насіння ріпаку та третє — за постачанням сировини для біодизелю до ЄС. У 2025 р. валютні надходження від ріпаку перевищили 1,5 млрд дол. США, що становить понад 10 % від загального експорту олійних культур [3, 4]. Це означає, що ріпак став важливою складовою енергетичної безпеки Європи та продовольчої стабільності України [107].

Економічна цінність культури посилюється її екологічною функцією. Ріпак виступає природним «ремонтером» структури ґрунту завдяки глибокій стрижневій системі, що проникає на 1,5–2 м і залишає після себе 4–5 т/га органічної маси. За даними Матейчука Ю.В., Ященко О.І., Романюка О.П., це забезпечує поліпшення аерації, водопроникності та підвищення вмісту доступного азоту для наступної культури на 30 кг/га. Таким чином, ріпак не лише споживає ресурси, а й створює ефект відновлення, зменшуючи потребу у мінеральних добривах [109, 110].

У Франції (Delecolle et al., 2022) та Польщі (Liersch et al., 2023) встановлено, що включення ріпаку до сівозміни з зерновими культурами знижує сумарне мінеральне навантаження на 10–15 % та покращує фітосанітарний стан ґрунту. Подібні результати наведені у вітчизняних дослідженнях Лихочвора В.В., Петриченко В.Ф.: після ріпаку пшениця озима формує на 0,4 т/га більший урожай

без додаткового внесення NPK. Це ще раз підтверджує інтегральну роль культури як чинника відновлення родючості й стабілізації агроценозів [104].

Сучасні підходи до виробництва ріпаку все частіше розглядають його як елемент кліматичної політики. За оцінками OECD-FAO (2024) та Rathke et al. (2019) [4], зростання використання ріпакової олії у біоенергетиці може скоротити викиди CO_2 на 2,1 т з 1 га посівів порівняно з викопним дизелем. У ЄС ріпак уже забезпечує понад 60 % сировини для біодизелю, а програма Green Deal розглядає його як ключову культуру у переході до вуглецево нейтрального землеробства [107].

Українські дослідження Калетніка Г.М., Климчука О.В., Мазура В.А. показують, що в умовах Степу застосування ресурсозберігаючої технології (помірні дози N, диференційоване живлення, регуляція росту) знижує сумарне споживання енергії на 12–15 %, а вуглецевий слід виробництва — на 0,4 т CO_2-еквіваленту на 1 га. Отже, економічна вигода поєднується з екологічною користю: ріпак виступає не лише джерелом олії, а й інструментом декарбонізації аграрного сектора [107].

У соціальному вимірі ріпакова галузь сприяє диверсифікації виробництва в господарствах середнього розміру. За спостереженнями Телекала Н.В., Купчука І.М., Гонтарука Я.В., ріпак, як культура з коротким обігом капіталу (передусім завдяки швидкому експорту), виступає «ліквідним резервом» для аграрних підприємств, що зменшує їх залежність від цінових коливань на зерновому ринку. Це особливо важливо в зоні ризикового землеробства, де стабільність виручки часто важливіша за рівень рентабельності [108, 110].

В умовах відновлення економіки України ріпак розглядають як «енергетичну культуру подвійного призначення» — джерело продовольчої олії та біопалива. Як відзначає Калетнік Г.М. , європейська модель підтримки виробництва ріпаку через вуглецеві кредити поступово стає прототипом для країн Східної Європи. Для України це відкриває можливість інтегрувати екологічно орієнтоване ріпаківництво у програму «зеленої» трансформації АПК [107].

Оптимізація технологічних елементів вирощування ріпаку озимого — строків і норм сівби, системи живлення, регуляції росту — є не лише агрономічним

завданням, а й економічною та екологічною стратегією. Її впровадження в умовах північного Степу дозволяє зменшити вплив кліматичних ризиків, стабілізувати урожайність на рівні 3,5–4,5 т/га, підвищити рентабельність виробництва на 8–10 % і знизити викиди вуглецю в розрахунку на одиницю продукції на 12–15 %. Ріпак озимий стає не просто культурою прибутку, а інструментом сталого розвитку аграрних територій, що поєднує біологічну адаптивність, економічну гнучкість і екологічну ефективність [103, 106, 107].

Висновки до розділу 1

У розділі узагальнено результати наукових досліджень і практичний досвід вітчизняних та зарубіжних учених щодо основних елементів технології вирощування ріпаку озимого, а також визначено напрями, які потребують подальшого уточнення й адаптації до умов північного Степу України.

Аналіз літературних джерел засвідчує, що рівень продуктивності ріпаку озимого значною мірою залежить від поєднання строків сівби, норм висіву, системи мінерального живлення та застосування регуляторів росту. За оптимальних строків сівби, помірної густоти стояння рослин і збалансованого азотного живлення культура здатна реалізовувати високий потенціал урожайності та забезпечувати стабільне формування врожаю навіть за умов нестійкого зволоження. Встановлено, що використання регуляторів росту в осінній період сприяє кращому розвитку рослин, підвищенню їх зимостійкості та вирівнюванню посівів.

Водночас, попри значну кількість досліджень, присвячених окремим елементам технології вирощування ріпаку озимого, для умов північного Степу України залишаються недостатньо обґрунтованими питання комплексної взаємодії строків сівби, норм висіву, азотного живлення та регуляції ростових процесів. Це зумовлює необхідність проведення подальших досліджень, спрямованих на формування адаптованої та ефективної технології вирощування ріпаку озимого в зазначеній ґрунтово-кліматичній зоні.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Кліматичні і ґрунтові умови

Ріст, розвиток і продуктивність ріпаку озимого істотно залежать від поєднання кліматичних і ґрунтових умов зони вирощування. Як культура з тривалим осіннім періодом вегетації та раннім весняним відновленням ростових процесів, ріпак особливо чутливий до режиму зволоження ґрунту, температурних коливань у період перезимівлі та забезпеченості вологою впродовж весняно-літньої вегетації. Саме тому агрокліматичні особливості регіону формують базовий природний фон, на якому реалізується ефективність технологічних прийомів вирощування культури [111, 113].

Водночас упродовж останніх десятиліть на території України, зокрема в степовій зоні, спостерігаються стійкі прояви кліматичних змін, що мають безпосередній вплив на умови ведення сільськогосподарського виробництва. За даними Т. І. Адаменко, відмічається тенденція до підвищення середніх температур повітря, скорочення тривалості періоду з від’ємними температурами та зростання частоти екстремальних погодних явищ, зокрема посух і теплових хвиль [112]. Такі зміни супроводжуються погіршенням вологозабезпечення орного шару ґрунту, особливо у критичні для озимих культур фази осіннього розвитку та весняного відновлення вегетації.

А. О. Бабич, С. М. Степаненко та ін. зазначають, що для Степу України характерним стало збільшення повторюваності суховіїв, сильних вітрів і пилових бур, які не лише інтенсифікують процеси дефляції, а й сприяють швидкому висушуванню верхніх шарів ґрунту та зниженню ефективності атмосферних опадів [114, 119]. У поєднанні з нерівномірним розподілом опадів упродовж вегетаційного періоду це формує напружений гідротермічний режим, який істотно ускладнює стабільне формування продуктивного стеблостою ріпаку озимого.

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися у 2022–2025 рр. у ТОВ «ДВК» с. Славгород Синельниківського району Дніпропетровської області (48°09′51,9″ пн. ш., 35°14′33,2″ сх. д.), що належить до Північної підзони Степу України (Рис.2.1).



Рис. 2.1. Просторове розміщення дослідної ділянки ТОВ «ДВК» у Синельниківському районі Дніпропетровської області

Територія розташована в межах Придніпровської низовини, у лівобережній частині басейну річки Дніпро, і характеризується хвилястим рельєфом із розвиненою балково-яружною мережею та абсолютними висотами 100–200 м над рівнем моря. У фізико-географічному відношенні регіон належить до північної степової зони з недостатнім і нестійким зволоженням.

Клімат району досліджень помірно континентальний, із жарким і переважно сухим літом та відносно м’якою, малосніжною зимою. Для холодного періоду року характерні часті відлиги, чергування циклонічних і антициклонічних процесів, нестійкий сніговий покрив і значні коливання температури повітря. За таких умов успішність перезимівлі озимих культур,

зокрема ріпаку, значною мірою визначається тривалістю періодів із від'ємними температурами та наявністю навіть нетривалого захисного снігового шару [113, 118].

Сума активних температур повітря понад +10 °С у регіоні становить у середньому 2900–3100 °С за тривалості теплого періоду 165–175 діб, що є достатнім для повної реалізації біологічного потенціалу ріпаку озимого. Гідротермічний коефіцієнт у середньому коливається в межах 0,8–0,9, що відповідає умовам нестійкого зволоження. Річна кількість атмосферних опадів становить 400–480 мм, причому переважна їх частина припадає на теплий період року. Водночас значна частка опадів має зливовий характер і не завжди ефективно використовується рослинами через швидке випаровування та поверхневий стік.

Літній період характеризується високими температурами повітря, низькою відносною вологістю та домінуванням південно-східних і східних вітрів. Часті суховії та сильні вітри сприяють швидкому висушуванню верхніх шарів ґрунту, посиленню дефляційних процесів і формуванню напруженого водного режиму, що обмежує стабільність продуктивності польових культур. В осінній період нерегулярність випадання опадів і можливий дефіцит ґрунтової вологи можуть ускладнювати формування повноцінних сходів і оптимальний розвиток рослин ріпаку до припинення вегетації.

Дослідження проводилися на орних землях ТОВ «ДВК», розташованих у Синельниківському районі Дніпропетровської області, в межах північної підзони Степу України. Ґрунтовий покрив дослідних полів представлений переважно чорноземами звичайними малогумусними, місцями слабко- та середньоеродованими, що є типовими для даного агрокліматичного регіону.

За гранулометричним складом ґрунти відносяться до середньосуглинкових, важкосуглинкових та легкоглинистих різновидів. Такий механічний склад забезпечує відносно добрі водно-фізичні властивості, зокрема достатню водоутримувальну здатність, однак за умов надмірного зволоження або інтенсивного механічного навантаження підвищується ризик ущільнення

орного шару [115].

Гумусовий горизонт ґрунтів має потужність 38–43 см, що відповідає повнопрофільним чорноземам і є достатнім для вирощування озимих культур. Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становить 3,0–3,5 %, що дозволяє віднести ґрунти до малогумусних – нижньої межі середньогумусних, із середнім рівнем природної родючості. За таких умов потенціал ґрунту значною мірою реалізується за рахунок оптимального вологозабезпечення та раціональної системи удобрення.

Реакція ґрунтового розчину є сприятливою для вирощування ріпаку озимого: значення pH (водне) коливається в межах 6,6–7,3, що відповідає слабокислій – близькій до нейтральної реакції. Такий рівень кислотності забезпечує високу доступність основних макро- та мезоелементів живлення і не обмежує біологічну активність ґрунту [116].

Ґрунти характеризуються високим ступенем насичення основами — 92–95 %, з домінуванням кальцію та магнію у ґрунтово-вбирному комплексі. Засолення, осолонцювання та токсичні концентрації легкорозчинних солей не виявлені, що є позитивним чинником для формування кореневої системи ріпаку озимого.

Агрохімічний аналіз засвідчує середній рівень забезпеченості ґрунтів елементами мінерального живлення. Вміст валового азоту становить 0,18–0,23 %, що є достатнім для росту культури, однак потребує регулювання азотного живлення залежно від погодних умов року. Забезпеченість рухомими формами фосфору знаходиться в межах 100–150 мг/кг, а обмінного калію — 200–300 мг/кг ґрунту, що відповідає середньому рівню та створює передумови для формування врожаю за умови збалансованого удобрення [117].

За результатами агрохімічного контролю, вміст важких металів, залишків пестицидів і радіонуклідів не перевищує гранично допустимих концентрацій, що дозволяє віднести ґрунти дослідних полів до екологічно безпечних та придатних для ведення інтенсивного рослинництва. Агрохімічний стан ґрунту дослідного поля підтверджено матеріалами агрохімічного паспорта (додаток Д).

Таким чином, ґрунтові умови ТОВ «ДВК» у цілому є сприятливими для вирощування ріпаку озимого, однак за природною родючістю належать до ґрунтів із середнім потенціалом. У зв’язку з цим ключовим фактором реалізації продуктивності культури виступає не стільки агрохімічний стан ґрунту, скільки рівень і режим вологозабезпечення в конкретні роки вегетації, що зумовлює необхідність детального аналізу метеорологічних умов досліджуваних сезонів.

2.2 Метеорологічні умови вегетаційних сезонів ріпаку озимого (2022–2025 рр.)

Кліматичні умови Степової зони України характеризуються нестійким режимом атмосферних опадів і значною міжрічною варіабельністю температурного фону, що зумовлює підвищені ризики для вирощування озимих культур. У сучасних умовах ці особливості посилюються проявами глобальних і регіональних кліматичних змін, які проявляються у зростанні частоти посушливих періодів, підвищенні температур повітря в осінньо-весняний період та збільшенні кількості екстремальних погодних явищ.

За результатами досліджень європейських учених (Pohankova E., Hlavinka P.), у країнах Центральної та Східної Європи в останні десятиліття спостерігається тенденція до зниження стабільності врожайності ріпаку озимого, що безпосередньо пов’язано з нерівномірним розподілом опадів і зростанням температурних аномалій у критичні фази розвитку культури. Автори відзначають, що навіть за відносно достатньої річної суми опадів їх концентрація в окремих періодах вегетації не забезпечує оптимального водного режиму, що знижує реалізацію потенційної продуктивності ріпаку [120].

Вітчизняні дослідження також підтверджують тісний зв’язок між погодними умовами та рівнем урожайності ріпаку озимого. Так, у працях Корнійчука О. В. і Юрчука С. С. показано, що варіабельність температурного режиму та дефіцит опадів у період осіннього розвитку й весняного стеблування істотно впливають на формування елементів продуктивності культури [121].

Автори наголошують, що за умов Степу саме погодний чинник часто виступає лімітуючим, навіть за дотримання оптимальних агротехнічних параметрів.

Окремої уваги заслуговує вплив погодних умов на перезимівлю ріпаку озимого. У роботах Забарного О. С. та Забарної Т. А. встановлено, що нестійкість зимового температурного режиму, часті відлиги, відсутність або нетривалий характер снігового покриву істотно підвищують ризик пошкодження рослин. Коливання температур навколо нульової позначки в поєднанні з дефіцитом ґрунтової вологи восени призводять до зниження морозостійкості рослин і нерівномірної перезимівлі посівів [122].

Таким чином, сучасні кліматичні трансформації, підтверджені як вітчизняними, так і європейськими дослідженнями, посилюють роль погодного чинника у формуванні продуктивності ріпаку озимого в умовах Степової зони України. Це обумовлює необхідність адаптації технологій вирощування культури до умов зростаючої погодної мінливості з урахуванням ризиків осінньої посухи, нестійкої перезимівлі та весняно-літнього дефіциту вологи.

Разом з тим, у сезоні 2022–2023 рр. поєднання теплового режиму та зволоження впродовж вегетаційного періоду ріпаку озимого формувало загалом сприятливі умови для росту, розвитку та перезимівлі культури (табл. 2.1, Рис. 2.2).

Упродовж осіннього періоду (серпень–жовтень) температурний режим був переважно вищим за середньобагаторічні значення. Так, у серпні середні декадні температури повітря становили 24,3–25,0 °С, що на 0,8–3,6 °С (4–17 %) перевищувало кліматичну норму.

У вересні температура повітря коливалася в межах 13,7–16,3 °С, що загалом відповідало або дещо перевищувало середньобагаторічні показники. Жовтень також характеризувався підвищеним тепловим фоном: у першій декаді середня температура становила 13,6 °С, що на 1,5 °С (12,4 %) вище багаторічної норми, а в третій декаді — 10,3 °С, що перевищувало середній показник на 3,5 °С, або на 51,5 %.

Таблиця 2.1

Метеорологічні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого в 2022–2025 рр. (дані метеостанція Синельникове Дніпропетровського РЦГ)

Місяць	Декада	Температура повітря, °С				Сума опадів, мм			
		2022-2023 рр.	2023-2024 рр.	2024-2025 рр.	Середня багато-річна	2022-2023 рр.	2023-2024 рр.	2024-2025 рр.	Середня багато-річна
Серпень	1	25,0	23,3	23,1	23,5	15,8	4,2	7,4	13,0
	2	24,3	22,8	22,7	22,6	14,3	0,2	1,8	14,0
	3	24,3	24,0	22,4	20,7	0,7	8,4	10,6	17,0
Вересень	1	15,7	20,0	22,0	18,2	8,0	10,0	12,3	15,0
	2	16,3	18,1	18,8	16,5	11,2	3,8	2,5	10,0
	3	13,7	20,5	15,7	14,3	16,6	4,2	1,1	8,0
Жовтень	1	13,6	12,9	14,8	12,1	28,3	10,5	7,5	11,0
	2	9,2	9,7	13,2	9,7	18,7	12,2	10,6	11,0
	3	10,3	13,5	8,1	6,8	25,9	15,7	2,0	13,0
Листопад	1	4,9	11,3	5,7	5,0	5,5	11,5	3,5	13,0
	2	5,1	5,5	4,0	2,7	42,0	26,3	18,0	17,0
	3	3,6	-0,1	2,5	0,7	8,8	41,0	31,4	15,0
Грудень	1	-1,7	0,6	0,3	-0,8	26,3	20,3	21,4	12,0
	2	1,9	1,2	1,2	-2,2	23,4	17,4	15,0	15,0
	3	2,9	3,2	1,8	-2,2	13,7	11,5	11,0	19,0
Січень	1	-0,9	-1,1	3,3	-3,2	7,0	20,9	0,7	12,0
	2	-0,1	-2,3	0,4	-2,3	5,4	25,5	0,4	12,0
	3	-1,5	-1,7	2,5	-4,1	2,1	6,4	3,9	15,0
Лютий	1	-2,6	2,2	-2,4	-3,6	8,5	26,2	7,9	14,0
	2	-0,3	3,0	-4,8	-2,6	10,3	3,4	17,1	16,0
	3	1,0	2,5	-5,2	-1,5	13,5	0,5	1,5	11,0
Березень	1	4,0	5,2	5,8	1,2	1,9	0,5	2,2	13,0
	2	5,2	6,8	5,0	2,3	23,5	14,7	18,5	20,0
	3	7,6	8,2	4,9	4,3	8,8	3,5	2,4	16,0
Квітень	1	6,6	14,3	7,4	8,2	8,6	0,6	2,5	15,0
	2	9,1	15,1	12,9	10,6	29,1	12,2	3,7	13,0
	3	8,9	14,9	14,8	12,6	17,6	2,1	3,0	12,0
Травень	1	13,4	15,0	15,2	15,1	11,6	0,6	1,1	12,0
	2	16,2	14,1	16,8	16,6	9,6	1,9	0,8	16,0
	3	18,4	20,2	18,5	18,4	7,6	9,6	1,6	21,0
Червень	1	15,2	23,2	23,0	19,6	30,9	12,2	1,4	15,0
	2	20,1	23,1	22,6	21,3	24,9	33,5	0,6	19,0
	3	23,9	22,5	22,9	21,4	28,2	1,2	24,8	27,0

Режим зволоження восени 2022 року був близьким до оптимального або підвищеним. Сума опадів у жовтні за окремі декади досягала 25,9–28,3 мм, що у 2,0–2,6 раза перевищувало середньобагаторічні значення. У листопаді друга декада вирізнялася особливо значною кількістю опадів — 42,0 мм, що на 25,0 мм, або на 147 % більше кліматичної норми. Такі умови сприяли накопиченню вологи в орному шарі ґрунту та формуванню добре розвинених посівів перед входженням ріпаку в зимовий період.

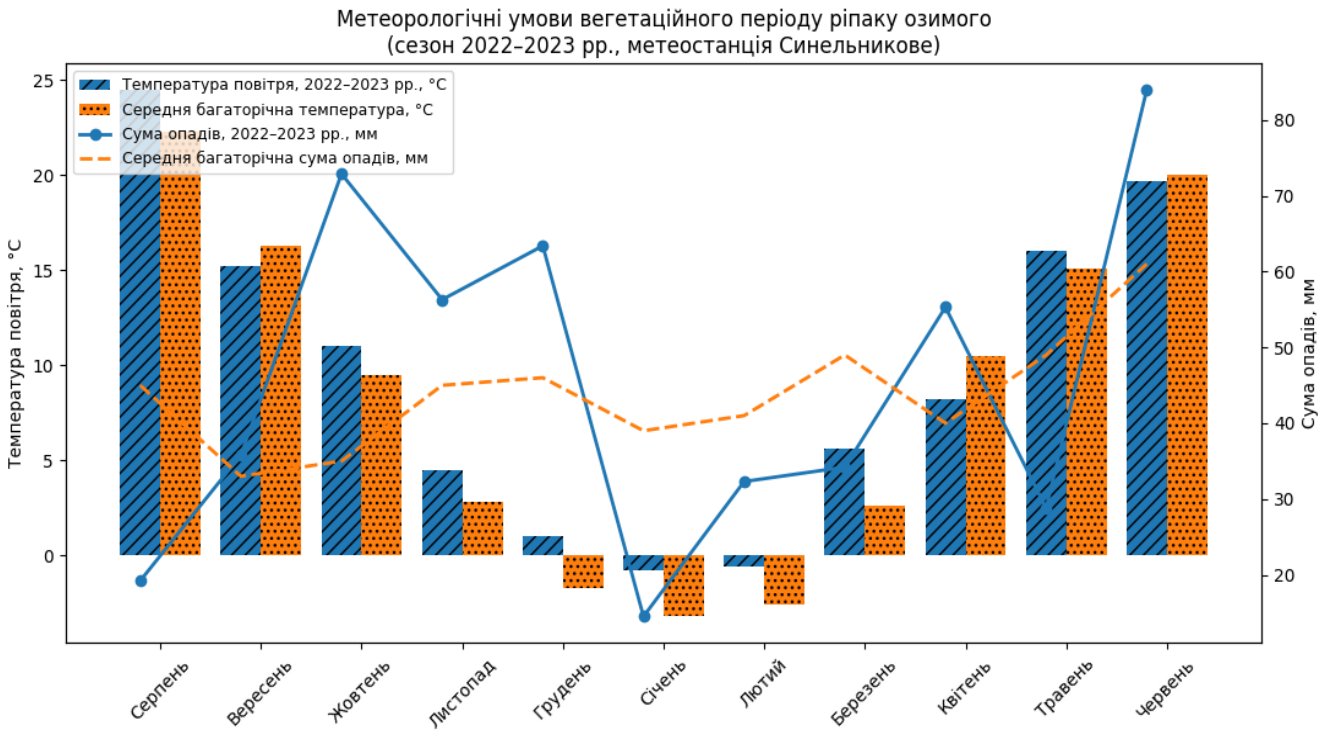


Рис. 2.2 Погодні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого сезону 2022-2023 рр.

Зимові місяці 2022–2023 рр. відзначалися відносно м’яким температурним режимом. У грудні середні декадні температури коливалися від –1,7 до +2,9 °C, що було на 1,1–5,1 °C вище багаторічних значень. У січні температура повітря перевищувала норму на 2,3–3,2 °C, а в лютому — на 1,0–3,3 °C. За таких умов тривалі періоди сильних морозів були відсутні, що знижувало ризик ушкодження рослин ріпаку озимого в зимовий період.

Кількість опадів узимку загалом відповідала або перевищувала багаторічну норму: у грудні сумарні опади за декади становили 63,4 мм, що на 14,4 мм (29,4 %) більше середнього показника, у січні — 14,5 мм (близько 75 % норми), у лютому — 32,3 мм, що відповідало багаторічному рівню.

Навесні 2023 року спостерігалося поступове наростання температурного фону. У березні середні декадні температури становили 4,0–7,6 °С, що перевищувало кліматичну норму на 2,8–3,7 °С, або на 65–233 %. Хоча кількість опадів у першій і третій декадах березня була зниженою (1,9–8,8 мм, що на 32–85 % менше норми), у другій декаді випало 23,5 мм, що на 3,5 мм (17,5 %) перевищувало середньобагаторічний показник. У квітні температурний режим залишався помірно теплим, а в другій декаді кількість опадів досягла 29,1 мм, що у 2,2 раза перевищувало норму, частково компенсуючи дефіцит вологи попередніх періодів.

У травні температурні умови були близькими до середньобагаторічних значень, а сума опадів за місяць становила 28,8 мм, що відповідало 58 % норми, однак не набувало критичного характеру для ріпаку озимого. У червні спостерігалося поєднання підвищених температур (до 23,9 °С у третій декаді, що на 2,5 °С або 11,7 % вище норми) з достатнім рівнем зволоження: сумарна кількість опадів за місяць склала 84,0 мм, що на 23,0 мм (37,7 %) перевищувало середньобагаторічні показники.

Отже, метеорологічні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого у сезоні 2022–2023 рр. характеризувалися переважно підвищеним температурним режимом, відсутністю екстремальних зимових стресів та достатнім зволоженням у критичні фази розвитку культури. Сукупність цих чинників формувала загалом сприятливі умови для росту, розвитку, перезимівлі та реалізації продуктивного потенціалу ріпаку озимого в умовах Степової зони України.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого у сезоні 2023–2024 рр. відзначалися підвищеною мінливістю температурного режиму та нерівномірним розподілом опадів упродовж року, що формувало напружений і нестабільний фон для росту та розвитку культури (табл. 2.1, Рис.2.3).

Осінній період характеризувався загалом підвищеним тепловим режимом за умов дефіциту вологи. У серпні середні декадні температури повітря становили 22,8–24,0 °С, що відповідало або незначно перевищувало багаторічну норму (на 0,1–1,3 °С, або на 0,5–6,3 %). Водночас кількість опадів у двох декадах серпня була вкрай низькою — 0,2 та 8,4 мм, що на 94–40 % менше середньобагаторічних значень. У вересні температурний фон залишався підвищеним: у першій та третій декадах середня температура досягала 20,0–20,5 °С, що перевищувало норму на 1,8–6,2 °С (10–43 %). Проте сума опадів у другій і третій декадах вересня становила лише 3,8 та 4,2 мм, що на 62–47 % менше кліматичної норми.

Жовтень 2023 року вирізнявся різкою неоднорідністю погодних умов. Температура повітря коливалася від 9,7 °С у другій декаді (на рівні норми) до 13,5 °С у третій декаді, що на 6,7 °С (98,5 %) перевищувало середньобагаторічний показник. Водночас кількість опадів за декадами була нестабільною: у першій декаді випало 10,5 мм (95 % норми), тоді як у третій — 15,7 мм, що на 2,7 мм (20,8 %) перевищувало середнє значення.

Листопад характеризувався контрастним поєднанням температур і надлишкового зволоження. У першій декаді температура повітря становила 11,3 °С, що на 6,3 °С (126 %) вище багаторічної норми, тоді як у третій декаді вона знизилася до –0,1 °С, що було на 0,8 °С нижче середнього рівня. Кількість опадів у другій і третій декадах листопада досягала 26,3 та 41,0 мм відповідно, що у 1,5–2,7 раза перевищувало багаторічні показники, формуючи періоди перезволоження ґрунту наприкінці осінньої вегетації.

Зимовий період 2023–2024 рр. характеризувався нестійким температурним режимом із чергуванням відлиг і короткочасних похолодань. У грудні середні декадні температури становили 0,6–3,2 °С, що перевищувало багаторічну норму на 2,8–5,4 °С. У січні температури повітря були близькими до норми або дещо нижчими (–1,1…–1,7 °С), тоді як у лютому спостерігалося істотне потепління: у другій декаді середня температура досягла 3,0 °С, що на 5,6 °С (215 %) перевищувало багаторічний показник. Сума опадів у зимові місяці загалом

перевищувала норму: у січні випало 52,8 мм, що у 2,2 раза більше середнього багаторічного значення, у лютому — 30,1 мм (близько 90 % норми), що сприяло накопиченню вологи в ґрунті, але водночас підвищувало ризик нестійкої перезимівлі.

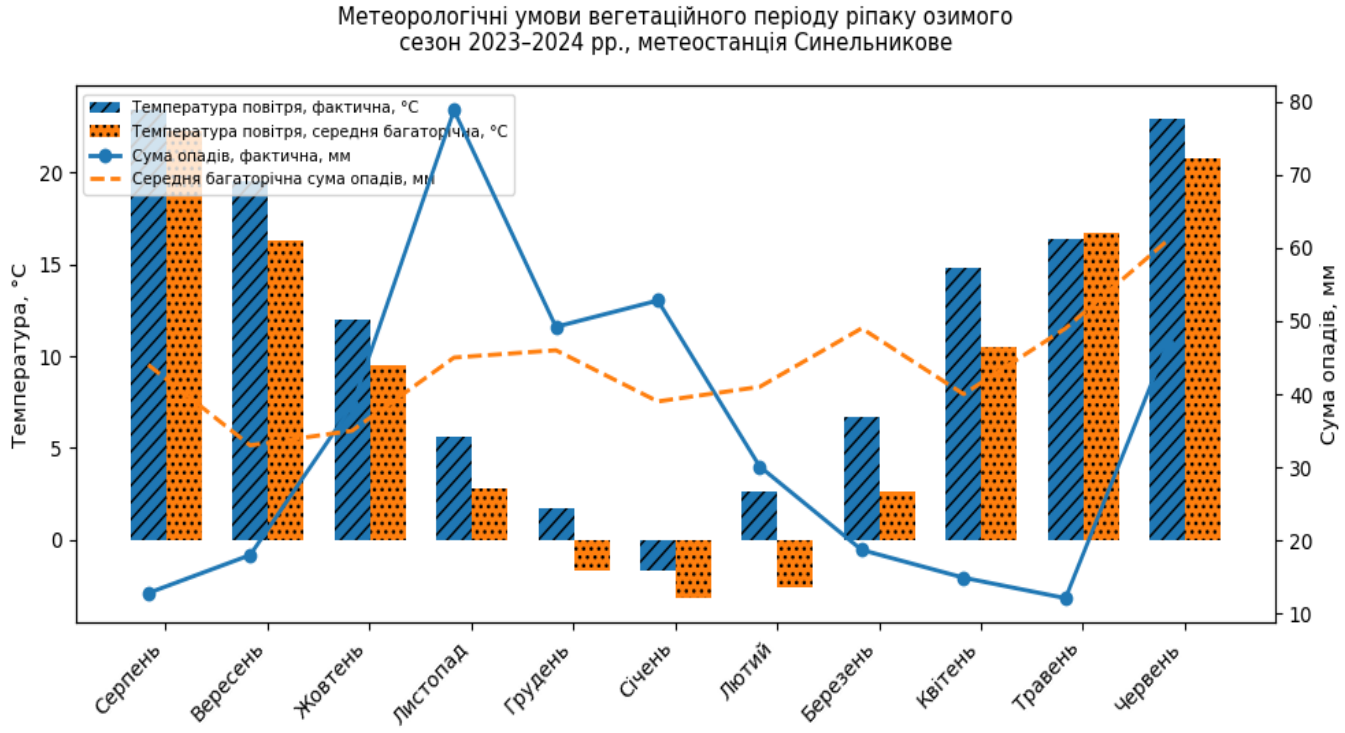


Рис. 2.3 Погодні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого сезону 2023-2024 рр.

Навесні 2024 року температурний режим залишався підвищеним на тлі нерівномірного зволоження. У березні середні декадні температури становили 5,2–8,2 °C, що перевищувало норму на 1,9–4,0 °C (44–158 %). Проте кількість опадів у першій і третій декадах була мінімальною — 0,5 та 3,5 мм, що на 96–78 % менше багаторічних значень. У квітні температура повітря суттєво перевищувала норму: у другій декаді середня температура становила 15,1 °C, що на 4,5 °C (42,5 %) більше кліматичної норми, за одночасного дефіциту опадів (12,2 мм проти 13,0 мм у нормі).

Травень характеризувався контрастним поєднанням тепла й нестачі вологи. У третій декаді температура повітря досягла 20,2 °C, що на 1,8 °C (9,8 %)

перевищувало середньобагаторічний показник, тоді як кількість опадів у першій і другій декадах становила лише 0,6 та 1,9 мм, що на 95–88 % менше норми. У червні тепловий режим був значно вищим за багаторічний: середні декадні температури сягали 22,5–23,2 °С, перевищуючи норму на 1,2–3,6 °С (6–18 %). Водночас зволоження залишалося нерівномірним — від 1,2 мм у третій декаді (на 96 % менше норми) до 33,5 мм у другій декаді, що на 14,5 мм (76 %) перевищувало середній показник.

Можна зробити аисновок, що умови вегетаційного періоду ріпаку озимого у сезоні 2023–2024 рр. характеризувалися значною мінливістю температурного режиму та різко нерівномірним розподілом опадів. Поєднання періодів тепла з дефіцитом вологи та короткочасних фаз надмірного зволоження формувало напружені й нестабільні умови вегетації, що підвищувало залежність розвитку культури від адаптивності агротехнічних прийомів.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого у сезоні 2024–2025 рр. формували найбільш напружений і стресовий гідротермічний сценарій серед досліджуваних років, що було зумовлено поєднанням підвищеного температурного фону з системним дефіцитом атмосферних опадів упродовж більшої частини вегетації (табл. 2.1, Рис. 2.4.).

Осінній період відзначався різко недостатнім зволоженням на тлі підвищених температур. У серпні середні декадні температури становили 22,4–23,1 °С, що загалом відповідало або дещо перевищувало багаторічну норму (на 0,5–2,4 °С, або на 2–12 %). Водночас сума опадів у серпні була критично низькою: у другій декаді випало лише 1,8 мм, що на 12,2 мм (87 %) менше кліматичної норми, а в першій декаді — 7,4 мм, що становило лише 57 % середньобагаторічного рівня. У вересні температурний режим залишався підвищеним: середні декадні температури сягали 18,8–22,0 °С, що перевищувало норму на 2,3–3,8 °С (14–21 %). За цих умов кількість опадів у другій і третій декадах вересня становила відповідно 2,5 та 1,1 мм, що на 75–86 % менше багаторічних показників, формуючи різко посушливий фон початкового періоду вегетації.

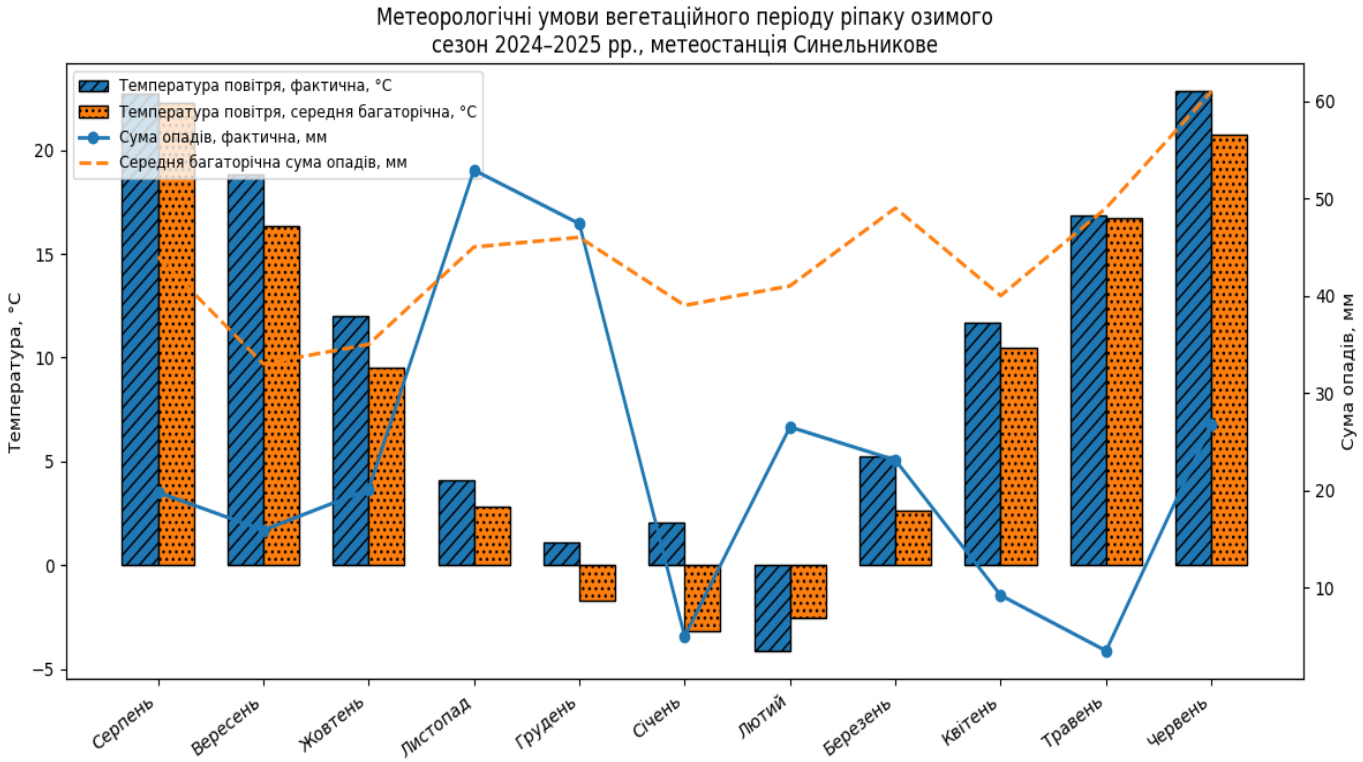


Рис. 2.4 Погодні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого сезону 2024-2025 рр.

У жовтні температурний режим був контрастним, однак переважно теплішим за норму. У першій декаді середня температура повітря становила 14,8 °C, що на 2,7 °C (22,3 %) перевищувало багаторічний показник, тоді як у третій декаді вона знизилася до 8,1 °C, залишаючись, однак, на 1,3 °C (19,1 %) вище норми. Зволоження впродовж місяця залишалося недостатнім: у третій декаді жовтня випало лише 2,0 мм опадів, що на 11,0 мм (85 %) менше середнього багаторічного рівня. Листопад також характеризувався дефіцитом тепла і вологи в окремі періоди: середня температура повітря коливалася від 2,5 до 5,7 °C, що загалом відповідало нормі, проте кількість опадів у першій декаді становила лише 3,5 мм (27 % норми), а в другій і третій декадах — 18,0 та 31,4 мм, що хоч і перевищувало середні значення, але вже не могло компенсувати осінній дефіцит вологи.

Зимовий період 2024–2025 рр. характеризувався нестійким температурним режимом із тенденцією до зниження температур наприкінці зими. У грудні середні декадні температури повітря перебували в межах 0,3–1,8 °C, що на 2,1–

4,0 °C перевищувало багаторічну норму. У січні спостерігалося потепління в першій декаді (3,3 °C, що на 6,5 °C вище норми), однак у другій і третій декадах температури знижувалися до 0,4–2,5 °C, залишаючись нестійкими. Лютий виявився найбільш холодним місяцем зимового періоду: середні декадні температури становили –2,4…–5,2 °C, що було на 0,2–3,7 °C нижче багаторічних показників. При цьому кількість опадів у зимові місяці була нерівномірною: у січні сумарна кількість становила лише 5,0 мм (близько 42 % норми), а в лютому — 26,5 мм, що відповідало або незначно перевищувало середньобагаторічні значення.

Навесні 2025 року температурний режим залишався помірно підвищеним, однак дефіцит опадів набув системного характеру. У березні середні декадні температури становили 4,9–5,8 °C, що перевищувало норму на 0,6–4,6 °C (14–383 %), тоді як кількість опадів у всіх декадах не перевищувала 2,4 мм, що на 81–89 % менше багаторічних значень. У квітні температура повітря суттєво перевищувала норму: у третій декаді вона досягла 14,8 °C, що на 2,2 °C (17,5 %) більше середнього показника, за одночасно низької кількості опадів — 2,5–3,7 мм, або лише 19–28 % від кліматичної норми. У травні дефіцит вологи зберігався: у першій і другій декадах випало відповідно 1,1 та 0,8 мм опадів, що на 91–95 % менше багаторічних значень, тоді як температурний режим перебував на рівні або дещо вище норми (15,2–16,8 °C).

У червні тепловий режим залишався високим: середні декадні температури становили 22,6–23,0 °C, що на 1,3–3,4 °C (6–17 %) перевищувало багаторічні показники. При цьому зволоження було різко нерівномірним — від 0,6 мм у другій декаді (на 97 % менше норми) до 24,8 мм у третій декаді, що лише частково компенсувало попередній тривалий дефіцит опадів.

Таким чином, метеорологічні умови вегетаційного періоду ріпаку озимого у сезоні 2024–2025 рр. формувалися за поєднання підвищеного температурного фону з тривалим і стійким дефіцитом атмосферних опадів у критичні фази росту та розвитку культури. Такий характер погоди зумовив напружений водний режим ґрунту, обмежував можливості повноцінного вологозабезпечення рослин

і визначав стресовий перебіг вегетації. За сукупністю показників цей сезон слід вважати найбільш несприятливим серед років досліджень.

Узагальнення метеорологічних умов упродовж 2022–2025 рр. засвідчує істотну міжрічну мінливість температурного режиму та зволоження вегетаційного періоду ріпаку озимого в умовах Північного Степу України. Сезон 2022–2023 рр. загалом відзначався сприятливим гідротермічним фоном, що проявлялося у відносно рівномірному зволоженні в осінній період і помірному перебігу весняно-літньої вегетації. У 2023–2024 рр. погодні умови мали напружений і нестабільний характер, що виражалося у значних коливаннях температури, нерівномірному розподілі опадів і формуванні окремих періодів короткочасної, але інтенсивної посухи. Найбільш складним за гідротермічними умовами виявився сезон 2024–2025 рр., для якого були характерні підвищені температури у поєднанні з тривалим дефіцитом атмосферної вологи, особливо в осінній та весняний періоди, що суттєво ускладнювало ріст і розвиток культури.

У цілому, різноспрямований характер погодних умов у роки досліджень сформував об’єктивну основу для оцінювання ефективності технологічних елементів вирощування ріпаку озимого за широкого спектра гідротермічних сценаріїв, характерних для Північного Степу України.

2.3 Схема та методика експериментальних досліджень

Для досягнення поставленої мети та комплексної оцінки впливу окремих елементів технології вирощування на ріст, розвиток, перезимівлю та продуктивність ріпаку озимого дослідження проводили за кількома взаємодоповнювальними експериментальними схемами. Такий підхід дозволив оцінити реакцію культури на варіацію агротехнічних чинників у різні фази онтогенезу, а також встановити їх роль у формуванні адаптивних і продуктивних ознак в умовах Північного Степу України.

У межах дисертаційної роботи було закладено три самостійні польові досліди, кожен з яких мав чітко визначену мету, факторну структуру та логічно

завершену схему. Разом вони формують єдину експериментальну систему, результати якої надалі викладено в окремих розділах дисертації.

Дослід 1. Вплив строків сівби та норм висіву на ріст, розвиток і продуктивність ріпаку озимого

Метою першого досліду було визначення впливу строків сівби та норм висіву на ріст і розвиток рослин, рівень зимостійкості та формування продуктивності ріпаку озимого гібриду Темптейшн (компанія DSV, Німеччина) в умовах Північного Степу України.

Дослід закладали за двофакторною схемою. Фактором А були строки сівби ріпаку озимого: 20 серпня, 30 серпня, 10 вересня та 20 вересня. Фактором В слугували норми висіву насіння, які становили 0,5; 0,7 та 1,0 млн схожих насінин на гектар.

Повторність досліду була триразовою, розміщення варіантів — рендомізоване. Площа облікової ділянки становила 40 м². Об’єктом дослідження був ріпак озимий гібриду Темптейшн. Схема досліду 1 наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Схема досліду з вивчення впливу строків сівби та норм висіву на ріст, розвиток і продуктивність ріпаку озимого гібриду Темптейшн

№	Фактор А (строк сівби)	Фактор В (норма висіву, млн./га)
1.	20.08.	0,5
2.		0,7
3.		1,0
4.	30.08	0,5
5.		0,7
6.		1,0
7.	10.09	0,5
8.		0,7
9.		1,0
10.	20.09	0,5
11.		0,7
12.		1,0

Дослід 2. Вплив норм і строків внесення азотних добрив на ріст, розвиток та продуктивність ріпаку озимого

Метою другого польового досліду було визначення впливу різних норм і строків внесення азотних добрив на формування ростових процесів, розвиток рослин і рівень продуктивності ріпаку озимого гібриду Темптейшн (DSV) в умовах Північного Степу України.

Дослід закладали за схемою рандомізованих блоків у чотириразовій повторності. Площа облікової ділянки становила 20 м². Сівбу ріпаку озимого проводили 30 серпня з нормою висіву 0,7 млн схожих насінин на гектар, що забезпечувало формування вирівняного та рівномірного стеблостою.

Фосфорні добрива у формі подвійного суперфосфату вносили восени під основний обробіток ґрунту в дозі 60 кг/га діючої речовини. Калійні добрива (хлористий калій) застосовували одночасно з фосфорними в дозі 80 кг/га д.р., формуючи базовий фон мінерального живлення для культури.

Азотні добрива у вигляді карбаміду вносили навесні у формі підживлень. Перше підживлення проводили у фазі відновлення весняної вегетації ріпаку озимого, друге — через два тижні після попереднього.

Схема однофакторного досліду:

1. Р60К80 – фон (Ф)
2. Ф+N60
3. Ф+N90
4. Ф+N90+ N30
5. Ф+N90+ N60
6. Ф+N90+ N90

Схема досліду передбачала диференційоване застосування азоту за такими варіантами: N60; N90; N90 + N30; N90 + N60; N90 + N90. Такий підхід дозволяв оцінити як ефект загальної дози азоту, так і вплив дробного внесення на інтенсивність ростових процесів, формування асиміляційної поверхні та елементів продуктивності культури.

Дослід 3. Вплив осінньої регуляції росту на продуктивність гібридів ріпаку озимого.

Метою третього польового досліду було оцінити ефективність застосування регуляторів росту та фунгіцидів із рострегулюючими властивостями в осінній період на сучасних гібридах ріпаку озимого в умовах Степу України.

Об'єктами дослідження були високопродуктивні гібриди ріпаку озимого Сіквел, Імплемент та Темптейшн (Табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Схема досліду з вивчення впливу регуляторів росту на продуктивність гібридів ріпаку озимого в умовах міжсезонних кліматичних коливань

№	Фактор А (гібрид)	Фактор В (стимулятор росту, доза застосування)
1.	Сіквел	Контроль (без обробки)
2.		Карамба Турбо 1,0 л/га
3.		Фолікур 0,8 л/га
4.		Еламік 0,8 л/га
5.		Ретацел 0,8 л/га
6.	Імплемент	Контроль (без обробки)
7.		Карамба Турбо 1,0 л/га
8.		Фолікур 0,8 л/га
9.		Еламік 0,8 л/га
10.		Ретацел 0,8 л/га
11.	Темптейшн	Контроль (без обробки)
12.		Карамба Турбо 1,0 л/га
13.		Фолікур 0,8 л/га
14.		Еламік 0,8 л/га
15.		Ретацел 0,8 л/га

Дослід закладали за схемою рандомізованих блоків у чотириразовій повторності. Площа облікової ділянки становила 20 м². Сівбу культури проводили 30 серпня з нормою висіву 0,7 млн схожих насінин на гектар, що забезпечувало формування вирівняного стеблостою.

Мінеральне живлення рослин здійснювали відповідно до рекомендованої системи удобрення з внесенням N100 + 60 + 40P100K100.

Захист посівів від бур’янів забезпечували застосуванням гербіциду Мілагро, КЕ у нормі 0,8 л/га, який вносили після сівби до появи сходів культури.

У досліді вивчали дію регуляторів росту та фунгіцидів із рострегулюючим ефектом, а саме: Карамба Турбо, КС (мепікват хлорид — 210 г/л + метконазол — 30 г/л) у нормі 1,0 л/га; Фолікур, КЕ (тебуконазол — 250 г/л) — 0,8 л/га; Еламік, КЕ (протиоконазол — 125 г/л + тебуконазол — 125 г/л) — 0,8 л/га; Ретацел, ВРК (хлормекват хлорид — 750 г/л) — 0,8 л/га. Обробку посівів проводили восени у фазі 4–5 справжніх листків ріпаку озимого (ВВСН 14–15).

Біометричні показники розвитку рослин, зокрема висоту рослин, кількість листків, площу листкової поверхні та діаметр кореневої шийки, визначали через 30 днів після обробки відповідно до вимог загальноприйнятих методик морфометричних досліджень. Такий підхід дозволяв об’єктивно оцінити вплив досліджуваних препаратів на інтенсивність осіннього росту та формування морфологічних ознак, що визначають рівень зимостійкості рослин.

Польові дослідження проводили за загальноприйнятою для умов Північного Степу України агротехнікою. Попередником ріпаку озимого в усіх дослідах була пшениця озима, що забезпечувало вирівняні стартові умови вирощування культури та дозволяло коректно порівнювати результати між варіантами досліду.

У процесі виконання досліджень застосовували комплекс польових, морфобіологічних, фізіолого-біохімічних та статистичних методик, що дозволяли всебічно оцінити вплив факторів, що вивчались на ріст, розвиток, перезимівлю та продуктивність ріпаку озимого [123, 125, 126].

Польову схожість насіння визначали у всіх варіантах досліду шляхом щоденних обліків сходів у динаміці. Облік проводили до повної появи сходів із наступним розрахунком відсотка схожості відносно висіяної кількості насіння. Збереженість рослин оцінювали як відношення кількості рослин після перезимівлі до кількості рослин, що увійшли в зиму, з подальшим перерахунком у відсотках [127].

Фенологічні спостереження здійснювали протягом усього вегетаційного

періоду відповідно до загальноприйнятих методик. Фіксували настання основних фаз розвитку ріпаку озимого: сходи, формування розетки, припинення осінньої вегетації, відновлення весняної вегетації, бутонізація, цвітіння та повна стиглість. Початок фази визначали за наявності 10 % рослин у відповідному стані, масове настання — за 75 % рослин.

Морфобіологічні показники осіннього розвитку визначали наприкінці осінньої вегетації. Приріст маси рослини встановлювали шляхом відбору зразків рослин із кожного варіанта досліду з подальшим висушуванням до абсолютно сухого стану при температурі 100–105 °С. Діаметр кореневої шийки вимірювали штангенциркулем на рівні ґрунту, аналізуючи не менше 20 рослин у кожній повторності. Кількість листків визначали візуальним підрахунком на маркованих рослинах.

Інтенсивність осіннього росту оцінювали за приростом маси рослини, середньодобовим темпом накопичення біомаси, приростом діаметра кореневої шийки та середнім темпом росту листків. Розрахунок середньодобових приростів здійснювали на основі тривалості активного осіннього періоду вегетації.

Площу листкової поверхні визначали у фазах відновлення весняної вегетації, бутонізації та цвітіння. Розрахунок площі листків здійснювали за вимірюванням довжини та ширини листкових пластинок із використанням відповідного коефіцієнта перерахунку, з подальшим обчисленням сумарної листкової поверхні на одиницю площі посіву.

Фотосинтетичний потенціал посівів розраховували за періодами весна → бутонізація, бутонізація → цвітіння та за всю вегетацію на основі динаміки площі листкової поверхні. Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за загальноприйнятими формулами як відношення приросту сухої речовини до фотосинтетичного потенціалу за відповідний період [125].

Структуру врожаю аналізували шляхом відбору типових рослин перед збиранням. Визначали кількість рослин на одиниці площі, кількість стручків на рослині, кількість насінин у стручку та масу 1000 насінин.

Урожайність насіння обліковували методом суцільного комбайнового обмолоту з наступним перерахунком до стандартної вологості 10 %.

Якісні показники насіння оцінювали за вмістом олії та збором олії з одиниці площі. Вміст олії в насінні ріпаку визначали з використанням інфрачервоного аналізатора Infratec™ FOSS із модулем калібрування для ріпаку.

Погодні умови в роки проведення досліджень оцінювали за даними метеостанції м. Синельникове.

Математико-статистичну обробку експериментальних даних виконували з використанням програмного пакета Statistica 10.0, застосовуючи методи одно- та багатофакторного дисперсійного аналізу, а також кореляційний аналіз із використанням коефіцієнта Пірсона (r) [124, 128, 129].

Характеристика гібридів ріпаку озимого.

Гібрид *Temptation* селекції компанії DSV належить до середньостиглої групи озимого ріпаку та рекомендований для вирощування в умовах помірно-континентального клімату. Характеризується інтенсивним початковим ростом і добре розвиненою кореневою системою, що забезпечує ефективне засвоєння ґрунтової вологи та поживних речовин у період осінньої вегетації. Перед входженням у зиму рослини формують 8–10 справжніх листків, діаметр кореневої шийки за оптимальних умов досягає 8–10 мм, що є одним з показників підвищеної зимостійкості.

Гібрид відзначається високою адаптивністю до коливань температурного режиму в осінньо-зимовий період та доброю здатністю до відновлення весняної вегетації. Стеблостій середньої висоти, добре вирівняний, з підвищеною стійкістю до вилягання. Потенціал урожайності за інтенсивних технологій оцінюється на рівні 5,0–5,5 т/га, за вмісту олії 44–46 %, що відповідає сучасним вимогам до гібридів ріпаку озимого в умовах Степу України.

Гібрид *ДК Сіквел* компанії Bayer Crop Science (торгова марка DEKALB) належить до середньоранніх – середньостиглих гібридів озимого ріпаку інтенсивного типу. Відзначається помірним осіннім ростом, що сприяє формуванню компактної розетки та зменшує ризик переростання посівів перед

входженням у зимовий період. У фазі припинення осінньої вегетації рослини зазвичай формують 7–9 листків із добре розвиненою кореневою шийкою діаметром 7–9 мм.

Гібрид характеризується високою зимостійкістю та стабільною перезимівлею за умов нестійкого снігового покриву й частих температурних коливань. Має підвищену стійкість до розтріскування стручків, що знижує втрати насіння в період достигання. Добре реагує на оптимізацію азотного живлення та застосування регуляторів росту. Потенціал урожайності гібриду за сприятливих умов вирощування становить 4,8–5,3 т/га, вміст олії — 45–47 %.

Гібрид *ДК Імплемент* КЛ селекції Monsanto (DEKALB) належить до середньостиглих гібридів озимого ріпаку та адаптований до технологій інтенсивного землеробства. Характеризується вирівняним ростом упродовж вегетації, доброю пластичністю до строків сівби та стабільною реакцією на рівень мінерального живлення. Осінній розвиток помірний; до припинення вегетації рослини формують 7–8 листків, діаметр кореневої шийки становить у середньому 7–8 мм.

Гібрид відзначається достатньо високою зимостійкістю та здатністю швидко відновлювати вегетацію навесні. Рослини середньої висоти, зі стійким стеблостоєм і задовільною стійкістю до вилягання. За даними виробничих випробувань, урожайність насіння за оптимальних агротехнічних умов досягає 4,6–5,1 т/га, при середньому вмісті олії 44–46 %. Гібрид добре реагує на застосування регуляторів росту в осінній період, що сприяє оптимізації морфоструктури рослин перед зимівлею.

Характеристика рістстимулюючих препаратів.

Карамба Турбо, КС

(мепікват хлорид — 210 г/л + метконазол — 30 г/л)

Препарат Карамба Турбо належить до групи комбінованих фунгіцидів із вираженим рострегулюючим ефектом. Поєднання мепікват хлориду та метконазолу забезпечує одночасний вплив на морфогенез рослин і зниження ризику ураження грибними хворобами в осінній період. За осіннього

застосування препарат пригнічує надмірний ріст надземної маси, сприяє формуванню компактної розетки та оптимізує співвідношення між надземною і кореневою частинами рослин.

Під впливом препарату, як правило, відзначається зменшення висоти рослин на 10–20 % порівняно з контролем, водночас діаметр кореневої шийки збільшується на 1,0–1,5 мм, а коренева система формується більш розгалуженою. Такі морфологічні зміни підвищують стійкість ріпаку озимого до несприятливих умов перезимівлі та забезпечують більш рівномірне відновлення весняної вегетації.

Фолікур, КЕ

(тебуконазол — 250 г/л)

Препарат Фолікур є системним фунгіцидом із рострегулюючими властивостями, який широко застосовується в посівах озимого ріпаку в осінній період. Діюча речовина тебуконазол пригнічує синтез гіберелінів, що зумовлює зниження інтенсивності лінійного росту рослин і сприяє формуванню компактної, приземистої розетки.

Після обробки у фазі 4–5 справжніх листків висота рослин зазвичай зменшується на 8–15 %, тоді як діаметр кореневої шийки зростає в середньому на 0,8–1,2 мм. Препарат позитивно впливає на перезимівлю рослин за умов нестійкого температурного режиму та дефіциту снігового покриву. Водночас рострегулюючий ефект Фолікуру є більш м’яким порівняно з комбінованими препаратами, що зумовлює його доцільність за оптимальних строків сівби та помірного осіннього розвитку посівів.

Еламік, КЕ

(протиоконазол — 125 г/л + тебуконазол — 125 г/л)

Препарат Еламік поєднує дві діючі речовини триазольної групи, що забезпечує системну фунгіцидну дію та помірно виражений рострегулюючий ефект. За осіннього застосування препарат впливає на фізіолого-біохімічні процеси росту, сприяючи кращому балансу між розвитком надземної маси та кореневої системи.

У посівах ріпаку озимого обробка Еламіком зазвичай призводить до зменшення висоти рослин на 10–18 %, збільшення діаметра кореневої шийки на 1,0–1,3 мм і підвищення накопичення сухої речовини в кореневій системі. Препарат забезпечує добру вирівняність рослин перед входженням у зиму та сприяє підвищенню стійкості посівів до стресових умов перезимівлі.

Ретацел, ВРК

(хлормекват хлорид — 750 г/л)

Препарат Ретацел належить до класичних регуляторів росту, механізм дії яких пов’язаний із пригніченням синтезу гіберелінів. За осіннього застосування в посівах ріпаку озимого він ефективно обмежує надмірний ріст листкової розетки, сприяє потовщенню кореневої шийки та активному розвитку кореневої системи.

Після застосування препарату висота рослин, як правило, зменшується на 12–25 %, тоді як діаметр кореневої шийки може зростати на 1,2–1,8 мм. Використання Ретацелу особливо доцільне за ранніх строків сівби або в умовах теплого й вологого осіннього періоду, коли існує ризик переростання посівів перед зимівлею.

Висновки до розділу 2

Ґрунтово-кліматичні умови території, на якій проводилися польові дослідження, відповідають типовим характеристикам Північного Степу України та в цілому є придатними для вирощування ріпаку озимого. Чорноземи звичайні малогумусні із середнім рівнем забезпеченості елементами живлення, близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину та достатньою потужністю гумусового горизонту створюють сприятливу основу для формування продуктивних посівів культури за умови оптимізації агротехнічних прийомів.

Погодні умови впродовж 2022–2025 рр. характеризувалися значною міжрічною мінливістю температурного режиму та зволоження, що дало змогу всебічно оцінити реакцію ріпаку озимого на різні гідротермічні сценарії. Сезон 2022–2023 рр. загалом відзначався сприятливими умовами для росту, розвитку

та перезимівлі культури. Натомість у 2023–2024 рр. спостерігалася підвищена нестабільність погодних умов, а сезон 2024–2025 рр. вирізнявся поєднанням підвищених температур із тривалим дефіцитом атмосферної вологи, що створювало найбільш напружений фон для формування продуктивності ріпаку озимого.

Схема експериментів і методика проведення досліджень були побудовані на принципах наукової обґрунтованості, об’єктивності та комплексності й повністю відповідали поставленій меті та завданням роботи. Застосування системи багатофакторних польових дослідів, поєднання морфобіологічних, фізіолого-біохімічних і статистичних методів забезпечило можливість детального аналізу впливу строків сівби, норм висіву, системи азотного живлення та регуляції росту на ріст, розвиток, перезимівлю та продуктивність ріпаку озимого.

Отримані в другому розділі матеріали створюють необхідне природно-екологічне та методичне підґрунтя для коректної інтерпретації експериментальних результатів, викладених у наступних розділах дисертаційної роботи.

РОЗДІЛ 3

РІСТ, РОЗВИТОК, ЗИМОСТІЙКІСТЬ ТА УРОЖАЙНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ І НОРМ ВИСІВУ

3.1 Польова схожість ріпаку озимого залежно від строків сівби і норм висіву

Польова схожість є одним із ключових показників, що визначає ефективність формування посівів ріпаку озимого та значною мірою зумовлює подальший хід онтогенезу культури. Саме на етапі проростання і появи сходів закладається густота стояння рослин, просторове розміщення біомаси та потенціал формування продуктивного агроценозу. Численні дослідження вітчизняних і зарубіжних науковців свідчать, що навіть за використання високоякісного насіннєвого матеріалу рівень польової схожості може істотно коливатися залежно від строків сівби, стану посівного шару ґрунту, температурного режиму та забезпеченості вологою в післяпосівний період [130-132].

Особливого значення цей показник набуває в умовах зони Степу України, де осінній період часто характеризується нестійким зволоженням і різкими коливаннями температури. За даними попередніх досліджень, саме строк сівби визначає, в яких гідротермічних умовах проходитиме фаза проростання насіння ріпаку озимого — за надлишкового тепла та дефіциту вологи при ранніх строках або за поступового зниження температури і більш рівномірного зволоження при оптимальних і пізніших строках [131, 133]. У таких умовах польова схожість виступає інтегральним показником, що відображає адаптацію культури до конкретних агрокліматичних обставин року.

Водночас у науковій літературі наголошується, що на рівень польової схожості впливає не лише строк сівби, а й норма висіву, яка визначає інтенсивність конкуренції між проростками за обмежені ресурси вологи та поживних речовин у верхньому шарі ґрунту. Надмірне загущення посівів у

стресових умовах може посилювати негативний вплив посухи, тоді як занижені норми не завжди забезпечують оптимальну густоту рослин [134-136, 144]. У зв'язку з цим вивчення польової схожості ріпаку озимого в системі факторів «строк сівби × норма висіву» є необхідною передумовою для науково обґрунтованої оптимізації технології вирощування культури в умовах Північного Степу України.

Польова схожість ріпаку озимого в наших дослідженнях істотно залежала як від строків сівби, так і від норм висіву, при цьому вирішальну роль відігравали погодні умови в період «сівба – сходи» (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Польова схожість ріпаку озимого гібриду Темптейшн за різних строків сівби та норм висіву, %

Фактор А Строк сівби	Фактор В Норма висіву, млн/га	Польова схожість за роками, %			Середнє за 2022-2024 рр, %
		2022 р	2023 р	2024 р	
20.08	0,5	62,1	48,3	52,4	54,3
	0,7	60,5	45,0	50,1	51,9
	1,0	58,4	42,7	47,0	49,4
30.08	0,5	70,3	58,4	55,2	61,3
	0,7	68,5	55,9	53,3	59,2
	1,0	65,9	52,8	50,2	56,3
10.09	0,5	80,0	72,3	68,1	73,5
	0,7	78,8	70,0	66,7	71,8
	1,0	75,3	68,5	63,0	68,9
20.09	0,5	72,7	65,3	60,2	66,1
	0,7	70,2	63,2	58,4	63,9
	1,0	68,8	60,8	55,9	61,8
НІР 0,05, %		8,0	9,5	10,5	

Отримані результати чітко відображають міжрічну варіабельність умов зволоження та температурного режиму в Північному Степу України.

У 2022 році, що відзначався відносно сприятливим зволоженням ґрунту в осінній період, умови для проростання насіння ріпаку озимого були найбільш наближеними до оптимальних. За таких обставин польова схожість досягала найвищих значень за весь період досліджень. Особливо виразно це проявлялося при сівбі 10 вересня, де показник становив 75,3–80,0% залежно від норми висіву. Порівняно з раннім строком сівби (20 серпня) перевага цього варіанта складала 17,9–21,6%, що значно перевищувало величину $НІР_{0,05}$ (8,0%) і свідчило про статистично достовірний вплив строку сівби. Водночас збільшення норми висіву з 0,5 до 1,0 млн насінин/га супроводжувалося помірним зниженням польової схожості — у середньому на 3,3–4,7%, хоча в межах окремих строків ці відмінності проявлялися менш контрастно.

У 2023 році ситуація змінилася внаслідок напруженішого водного режиму в осінній період. Загальний рівень польової схожості знизився за всіма варіантами досліду, однак різниця між строками сівби стала ще більш вираженою. Так, при сівбі 20 серпня схожість не перевищувала 42,7–48,3%, тоді як за посіву 10 вересня вона зростала до 68,5–72,3%. Розрив між крайніми строками сівби досягав 24,0–29,6%, що істотно перевищувало $НІР_{0,05}$ (9,5%) і підкреслювало визначальну роль строку сівби за умов дефіциту вологи. Підвищення норми висіву в межах одного строку також мало негативний ефект, зумовлюючи зменшення польової схожості в середньому на 2,5–3,8%.

Найскладніші умови для формування сходів склалися у 2024 році, який характеризувався тривалим дефіцитом продуктивної вологи в ґрунті восени. За таких умов негативний вплив ранніх строків сівби посилився. При сівбі 20 серпня польова схожість знижувалася до 47,0–52,4%, тоді як за посіву 10 вересня вона утримувалася в межах 63,0–68,1%. Різниця між варіантами строків сівби становила 15,7–21,1% і була статистично достовірною, що підтверджується величиною $НІР_{0,05}$ (10,5%). У посушливому році чіткіше проявився й вплив норми висіву: збільшення густоти до 1,0 млн насінин/га призводило до

додаткового зниження польової схожості на 3,0–5,1%, що, ймовірно, пов’язано з загостренням конкуренції за обмежені запаси вологи в посівному шарі ґрунту.

У середньому за 2022–2024 рр. найбільш сприятливі умови для формування сходів ріпаку озимого склалися при сівбі 10 вересня. За цього строку польова схожість становила 68,9–73,5% залежно від норми висіву, що на 14,6–19,2% перевищувало показники раннього строку сівби (20 серпня) та на 7,2–12,3% — результати посівів 30 серпня. Варіанти сівби 20 вересня поступалися оптимальному строку на 5,7–7,4%, що вказує на поступове погіршення умов для проростання насіння за надмірного зміщення посіву в пізні строки.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що поєднання оптимального строку сівби (10 вересня) з помірною нормою висіву (0,5–0,7 млн насінин/га) забезпечує найвищу та відносно стабільну польову схожість ріпаку озимого в умовах Північного Степу України. Виявлені закономірності логічно узгоджуються з подальшими показниками росту, перезимівлі та урожайності культури, що підтверджує ключову роль початкових етапів онтогенезу у формуванні продуктивного агроценозу.

3.2 Формування морфобіологічних параметрів рослин ріпаку озимого в осінній період

Рівень розвитку рослин ріпаку озимого в осінній період є одним із ключових чинників, що визначає їхню здатність успішно перезимувати та сформувати продуктивний агроценоз у наступному році. Саме на початкових етапах онтогенезу відбувається формування морфобіологічних ознак, які зумовлюють стійкість рослин до дії низьких температур, вимерзання, випрівання та інших несприятливих факторів зимового періоду. У численних роботах вітчизняних і зарубіжних дослідників підкреслюється, що недостатній або, навпаки, надмірний розвиток рослин восени є однією з головних причин зниження зимостійкості та втрати потенційної продуктивності культури [137, 138, 155].

Осінній період вегетації ріпаку озимого має вирішальне значення для закладання оптимальної структури розетки, формування кореневої системи та нагромадження пластичних речовин. У цей час рослина повинна досягти фізіологічно збалансованого стану, за якого поєднуються помірні темпи росту надземної маси, достатній діаметр кореневої шийки та низьке розташування точки росту. Порушення цієї рівноваги — як у бік переростання, так і у бік недорозвиненості — знижує адаптивний потенціал посівів і підвищує ризики пошкодження рослин упродовж зимівлі [139].

У зв’язку з цим строки сівби та норми висіву мають принципове значення, оскільки саме вони визначають умови початкового росту, інтенсивність накопичення біомаси та архітектоніку розетки перед входженням рослин у стан зимового спокою. Зміна дати сівби навіть у межах одного місяця істотно трансформує температурний і водний режими, в яких відбувається осінній розвиток ріпаку, тоді як норма висіву впливає на конкуренцію між рослинами за вологу, світло й елементи живлення [140, 141].

У сукупності ці фактори формують морфологічний тип рослин, що визначає їхню реакцію на умови перезимівлі та подальший хід весняної вегетації (табл. 3.2).

За результатами досліджень встановлено, що строки сівби істотно впливали на збереженість розеток ріпаку озимого після перезимівлі. Найвищі показники цього параметра відзначено у варіантах із сівбою 10 та 20 вересня, де збереженість рослин становила 84–87 %. У цих строках ріпак формував добре збалансовану розетку без ознак переростання, що забезпечувало кращу адаптацію до зимових умов. Натомість за раннього строку сівби (20 серпня) рівень збереженості розеток знижувався в середньому на 15 %, що чітко простежується в усіх нормах висіву. Підвищення норми висіву з 0,5 до 1,0 млн схожих насінин на гектар супроводжувалося незначним, але стабільним зниженням збереженості розеток на 1–2 %, однак вирішальним фактором залишався саме строк сівби. Це підтверджено результатами факторного аналізу, де вплив дати сівби був статистично значущішим ($F = 134{,}17$; $p = 3{,}16 \cdot 10^{-5}$), ніж

вплив норми висіву.

Таблиця 3.2

Морфобіологічні показники зимостійкості ріпаку озимого (середнє 2022–2024 рр.)

Варіант		Показники				
Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Збереженість розеток, %	Діаметр кореневої шийки, мм	Висота точки росту, см	Маса рослини, г	Довжина листків, см
20.08	0,5	70,8±0,6^{a}	11±0,2^{a}	3,1±0,12^{a}	81,1±2,0^{a}	68,1±1,1^{a}
	0,7	73,2±0,4^{b}	11±0,1^{a}	3,2±0,2^{a}	76,4±2,3^{b}	65,4±1,2^{b}
	1,0	70,4±0,7^{a}	10±0,1^{a}	3,3±0,2^{a}	70,1±2,1^{c}	60,8±1,3^{c}
30.08	0,5	83,8±0,8^{c}	9±0,2^{b}	2,0±0,2^{b}	70,1±2,4^{c}	50,8±1,3^{d}
	0,7	82,4±0,9^{c}	9±0,4^{b}	2,0±0,2^{b}	64,8±2,5^{d}	53,1±1,0^{d}
	1,0	81,5±0,5^{c}	9±0,3^{b}	2,2±0,2^{b}	56,4±2,2^{e}	41,8±1,2^{e}
10.09	0,5	86,3±0,8^{d}	9±0,4^{b}	1,4±0,2^{c}	56,4±2,2^{e}	49,1±1,6^{d}
	0,7	84,6±0,7^{c}	9±0,4^{b}	1,3±0,2^{c}	53,1±2,0^{f}	44,8±1,4^{e}
	1,0	85,3±0,9^{cd}	8±0,3^{c}	1,5±0,2^{c}	48,1±2,2^{g}	37,1±1,2^{f}
20.09	0,5	84,4±0,9^{c}	8±0,3^{c}	1,3±0,2^{c}	49,1±2,2^{g}	38,4±1,2^{f}
	0,7	85,1±0,8^{d}	7±0,4^{d}	1,3±0,2^{c}	45,4±2,0^{g}	36,8±1,3^{f}
	1,0	86,9±0,8^{d}	7±0,3^{d}	1,4±0,2^{c}	41,4±2,0^{h}	32,4±1,4^{g}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Особливу увагу в оцінці зимостійкості приділяли діаметру кореневої шийки, який вважається одним із найбільш чутливих і водночас інформативних показників. Перед входженням у зиму оптимальним вважається діаметр кореневої шийки в межах 7–8 мм. У наших дослідженнях за сівби 20 серпня цей показник становив 10–11 мм, що свідчить про надмірний розвиток рослин і потенційне зниження їхньої стійкості до вимерзання, особливо за умов нестійкого снігового покриву. За більш пізніх строків сівби (10–20 вересня) діаметр кореневої шийки зменшувався до 7–9 мм, тобто наближався до

оптимальних значень. Аналогічно до попереднього показника, факторний аналіз підтвердив домінуючу роль строку сівби ($F = 127,76$; $p = 2,03 \cdot 10^{-5}$) порівняно з нормою висіву, вплив якої був менш вираженим.

Не менш важливим критерієм є висота точки росту ріпаку озимого перед настанням зими. Відомо, що для успішної перезимівлі центральна брунька має розміщуватися не вище 3 см над поверхнею ґрунту. У варіантах із сівбою 20 серпня висота точки росту становила 3,1–3,3 см, тобто перебувала на межі допустимих значень. Натомість у посівах 10 вересня цей показник не перевищував 1,3–1,5 см, що створювало більш сприятливі умови для збереження меристеми в зимовий період. Збільшення норми висіву супроводжувалося певним підвищенням висоти точки росту, однак і в цьому випадку вирішальним залишався строк сівби, що підтверджується статистичними показниками ($F = 116,76$; $p = 1,13 \cdot 10^{-5}$).

Маса однієї рослини перед входженням у зиму є інтегральним показником, який відображає сумарний ефект строків сівби та густоти стояння. Для успішної перезимівлі надземна маса ріпаку озимого повинна становити не менше 35 г. У наших дослідах за сівби 10 та 20 вересня маса рослини перебувала в оптимальних межах і становила 43–47 г. Водночас у ранніх строках (20 серпня) відзначалося чітке переростання рослин, де маса однієї рослини досягала 70,1–81,1 г. У межах кожного строку сівби простежувалася закономірність зростання маси рослини за зменшення норми висіву, що пов’язано зі зниженням внутрішньоценотичної конкуренції. Факторний аналіз засвідчив значущий вплив як строку сівби, так і норми висіву, однак перевага знову ж таки належала даті посіву ($F = 216,22$; $p = 1,04 \cdot 10^{-6}$).

Додатковим показником ступеня розвитку рослин слугувала кількість та довжина листків у розетці. За сівби 20 серпня рослини формували 12–14 листків із довжиною до 68,1 см, що є характерною ознакою переростання і потенційного зниження зимостійкості. У варіантах із сівбою 10 та 20 вересня кількість листків зменшувалася до 6–8 штук, а їхні розміри відповідали оптимальним параметрам для успішної перезимівлі. Як і в попередніх випадках, статистичний аналіз

підтвердив істотну залежність цих показників від строку сівби, тоді як норма висіву відігравала другорядну роль.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що оптимальні морфобіологічні параметри ріпаку озимого перед входженням у зиму формувалися за строків сівби 10–20 вересня та помірних норм висіву. Саме за такого поєднання факторів рослини формували компактну, добре збалансовану розетку, що забезпечувало високу збереженість посівів у зимовий період і створювало передумови для реалізації продуктивного потенціалу культури в наступних етапах онтогенезу.

Інтенсивність ростових процесів ріпаку озимого в осінній період є інтегральним показником реакції рослин на строки сівби та густоту стояння, оскільки саме в цей час формується співвідношення між темпами наростання надземної маси, розвитком кореневої шийки та площею листкової поверхні [142, 143]. Характер і швидкість осіннього росту визначають морфологічний стан рослин перед входженням у зиму й значною мірою зумовлюють їхню подальшу зимостійкість. У зв’язку з цим доцільним є узагальнення показників приросту маси рослини, темпів росту та розвитку основних органів ріпаку озимого в осінній період залежно від строків сівби та норм висіву (табл. 3.3).

Дані таблиці 3.3 свідчать, що інтенсивність осіннього росту ріпаку озимого істотно змінюється залежно від строків сівби та норм висіву, формуючи різні морфобіологічні сценарії розвитку рослин перед входженням у зимовий період. Осінній ріст, який охоплює фазу формування розетки, потовщення кореневої шийки та наростання листкової поверхні, має принципове значення для подальшої зимостійкості та реалізації продуктивного потенціалу культури.

Найінтенсивніший осінній ріст відзначено у варіантах раннього строку сівби — 20 серпня. За норми висіву 0,5 млн шт./га приріст маси однієї рослини за осінній період становив 56,2 г, що свідчить про активне накопичення біомаси за умов тривалої та теплої осінньої вегетації. Навіть за підвищення норми висіву до 1,0 млн шт./га цей показник залишався високим (46,4 г), що вказує на достатні ресурсні можливості середовища для інтенсивного росту рослин. Разом із тим

така активність ростових процесів супроводжувалася формуванням переростих рослин із надлишковою надземною масою, що з агрономічного погляду не завжди є бажаним, оскільки може знижувати зимостійкість.

Таблиця 3.3

Інтенсивність осіннього росту ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву (середнє за 2022–2024 рр.)

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Приріст маси рослини за осінній період, г	Середньо-добовий приріст маси, г/добу	Приріст діаметра кореневої шийки, мм	Середній темп росту листків, см/добу
20.08	0,5	56,2 ± 1,8^{a}	1,12 ± 0,04^{a}	5,8 ± 0,2^{a}	1,34 ± 0,05^{a}
	0,7	51,8 ± 1,6^{b}	1,03 ± 0,03^{b}	5,6 ± 0,2^{a}	1,28 ± 0,04^{b}
	1,0	46,4 ± 1,5^{c}	0,92 ± 0,03^{c}	5,2 ± 0,2^{b}	1,21 ± 0,04^{c}
30.08	0,5	44,9 ± 1,4^{c}	0,90 ± 0,03^{c}	4,6 ± 0,2^{c}	1,02 ± 0,03^{d}
	0,7	41,3 ± 1,3^{d}	0,83 ± 0,03^{d}	4,4 ± 0,2^{c}	0,97 ± 0,03^{e}
	1,0	36,8 ± 1,2^{e}	0,74 ± 0,02^{e}	4,1 ± 0,1^{d}	0,89 ± 0,03^{f}
10.09	0,5	35,7 ± 1,1^{e}	0,71 ± 0,02^{e}	3,8 ± 0,1^{e}	0,78 ± 0,02^{g}
	0,7	33,2 ± 1,0^{f}	0,66 ± 0,02^{f}	3,6 ± 0,1^{e}	0,73 ± 0,02^{h}
	1,0	30,1 ± 0,9^{g}	0,60 ± 0,02^{g}	3,4 ± 0,1^{f}	0,69 ± 0,02^{h}
20.09	0,5	31,4 ± 1,0^{f}	0,63 ± 0,02^{f}	3,4 ± 0,1^{f}	0,70 ± 0,02^{h}
	0,7	28,6 ± 0,9^{g}	0,57 ± 0,02^{g}	3,2 ± 0,1^{g}	0,66 ± 0,02^{i}
	1,0	25,2 ± 0,8^{h}	0,50 ± 0,02^{h}	3,0 ± 0,1^{g}	0,61 ± 0,02^{i}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Подібна закономірність простежувалася і щодо середньодобового приросту маси рослини. Максимальні значення цього показника (1,12–0,92 г/добу) були характерні саме для раннього строку сівби, а зі зростанням норми висіву відзначалося поступове зниження інтенсивності приросту. Це пояснюється посиленням внутрішньоценотичної конкуренції між рослинами за вологу та елементи живлення при більшій густоті стояння.

За строку сівби 30 серпня інтенсивність осіннього росту знижувалася

порівняно з раннім строком, проте залишалася на відносно високому рівні. Приріст маси рослини коливався в межах 36,8–44,9 г, а середньодобовий приріст становив 0,74–0,90 г/добу. Такі параметри свідчать про формування добре розвинених рослин без ознак надмірного переростання, що забезпечує більш збалансований морфологічний стан посівів перед входженням у зиму.

Найбільш оптимальні з агрономічної точки зору параметри осіннього росту сформувалися при сівбі 10 вересня. За цього строку приріст маси рослини становив 30,1–35,7 г залежно від норми висіву, а середньодобовий приріст — 0,60–0,71 г/добу. Такий рівень росту забезпечував формування компактної, добре структурованої розетки без надлишкового розвитку надземної маси, що є важливою передумовою успішної перезимівлі рослин.

Найменшу інтенсивність осіннього росту відзначено у варіантах пізнього строку сівби — 20 вересня. Приріст маси рослини не перевищував 25,2–31,4 г, а середньодобовий приріст знижувався до 0,50–0,63 г/добу. Скорочення періоду активної вегетації та обмежені теплові ресурси зумовлювали уповільнення ростових процесів, що могло негативно впливати на повноту формування розетки перед настанням зимового періоду.

Аналіз приросту діаметра кореневої шийки підтвердив тісний зв’язок цього показника зі строками сівби. Найбільше потовщення кореневої шийки спостерігалося при сівбі 20 серпня (5,2–5,8 мм), що перевищувало оптимальні значення і свідчило про надмірну інтенсивність росту. За строків сівби 10 та 20 вересня приріст діаметра кореневої шийки перебував у межах 3,0–3,8 мм, що відповідає формуванню фізіологічно стійких до зимових умов рослин. При цьому зі зростанням норми висіву відмічалася тенденція до зменшення цього показника, зумовлена посиленням конкурентних відносин у посіві.

Середній темп росту листків також істотно залежав від строків сівби. Максимальні значення (1,21–1,34 см/добу) були характерні для ранніх строків, що забезпечувало швидке наростання листкової поверхні. Водночас при сівбі 10–20 вересня темп росту листків знижувався до 0,61–0,78 см/добу, що сприяло формуванню компактної розетки з оптимальною кількістю листків без

надмірного витягування.

Разом з тим подані в таблиці 3.3 середні значення морфобіологічних показників супроводжуються стандартними похибками (±) та літерними індексами, які відображають результати множинного порівняння середніх за критерієм $НІР_{0,05}$. Однакові літерні позначки в межах одного показника свідчать про відсутність статистично достовірних відмінностей між відповідними варіантами, тоді як різні літери вказують на істотну різницю за рівня значущості $P \leq 0,05$.

Зокрема, варіанти сівби 20 серпня формують окремі статистичні групи з найвищими значеннями приросту маси та темпів росту (індекси $^{a–c}$), які достовірно відрізняються від усіх пізніших строків. Для строку сівби 30 серпня характерне формування проміжних статистичних груп ($^{c–e}$), тоді як варіанти вересневих посівів утворюють нижчі групи ($^{e–h}$), що відображає обмеження ростових процесів унаслідок скорочення тривалості осінньої вегетації. Менші значення стандартних похибок у вересневих строках свідчать про вищу морфологічну вирівняність рослин у межах посіву.

Таким чином, поєднання кількісної оцінки показників осіннього росту з їх статистичною інтерпретацією дозволяє обґрунтовано стверджувати, що вирішальним фактором формування інтенсивності осіннього розвитку ріпаку озимого є строк сівби, тоді як норма висіву виконує коригуючу роль. Надто ранні строки сприяють надмірному накопиченню біомаси, пізні — обмежують ріст через дефіцит тепла, тоді як найбільш збалансований і фізіологічно доцільний характер осіннього росту формується при сівбі 10 вересня за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га.

3.3 Перезимівля та збереженість рослин ріпаку озимого залежно від строків сівби і норм висіву

Перезимівля є інтегральним показником адаптаційної здатності ріпаку озимого, який відображає результат взаємодії осіннього морфобіологічного

стану рослин, погодних умов зимового періоду та технологічних чинників вирощування [145-147]. Аналіз збереженості рослин після перезимівлі дозволяє об’єктивно оцінити доцільність обраних строків сівби та норм висіву в конкретних агрокліматичних умовах (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Збереженість рослин ріпаку озимого після перезимівлі залежно від строків сівби та норм висіву, %

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє 2023-2025 рр.
20.08	0,5	72,4	65,1	60,8	66,1
	0,7	74,1	66,8	62,3	67,7
	1,0	71,6	64,2	59,7	65,2
30.08	0,5	82,6	78,4	74,1	78,4
	0,7	81,3	76,9	72,8	77,0
	1,0	79,5	74,2	70,6	74,8
10.09	0,5	88,9	85,4	81,2	85,2
	0,7	87,6	83,8	79,6	83,7
	1,0	86,1	82,4	77,9	82,1
20.09	0,5	85,4	81,6	76,8	81,3
	0,7	84,1	79,9	75,2	79,7
	1,0	82,6	78,3	73,6	78,2
НІР 0.05, %		5,2	6,1	6,8	

Дані таблиці 3.4 відображають зміну цього показника за роками досліджень і слугують базою для подальшого аналізу весняної регенерації та продуктивності посівів. Наведені дані переконливо свідчать про те, що збереженість рослин ріпаку озимого після перезимівлі істотно залежала як від строків сівби, так і від норм висіву, а також значною мірою визначалася погодними умовами конкретного року. Загальною закономірністю для всіх років досліджень було зниження відсотка збережених рослин у напрямку від оптимальних строків сівби до ранніх і пізніших, що підтверджує визначальну

роль осіннього морфобіологічного стану посівів у формуванні зимостійкості.

У 2023 році, який характеризувався відносно м'якими умовами перезимівлі, рівень збереженості рослин був найвищим за весь період спостережень. Максимальні значення зафіксовано при сівбі 10 вересня — 86,1–88,9% залежно від норми висіву, що статистично достовірно перевищувало показники раннього строку сівби (20 серпня) на 14,5–17,3%. Різниця між цими варіантами перевищувала значення $НІР_{0,05}$ (5,2%), що свідчить про істотний вплив строку сівби на перезимівлю рослин. Варіанти сівби 30 серпня і 20 вересня формували проміжний рівень збереженості (79,5–85,4%), незначно поступаючись оптимальному строку, але достовірно перевищуючи ранній.

У 2024 році, за більш напруженого гідротермічного режиму зимово-весняного періоду, загальний рівень збереженості рослин знизився. При цьому збереглася та сама тенденція: найкращі показники отримано при сівбі 10 вересня — 82,4–85,4%, тоді як при ранньому строку (20 серпня) збереженість зменшувалася до 64,2–66,8%. Різниця між крайніми строками сівби досягала 18,6–21,2%, що істотно перевищувало $НІР_{0,05}$ (6,1%). Це свідчить про те, що в умовах менш сприятливої зими роль правильно сформованого осіннього габітусу рослин ще більше зростає.

Найскладніші умови перезимівлі склалися у 2025 році, що відобразилося на мінімальних значеннях збереженості за всі роки досліджень. Особливо різко це проявилося у варіантах раннього строку сівби, де збереженість рослин знизилася до 59,7–62,3%. Водночас навіть у таких умовах посіви 10 вересня забезпечували відносно високий рівень виживання — 77,9–81,2%, що було статистично достовірно вище порівняно з усіма іншими строками сівби ($НІР_{0,05}$ = 6,8%). Посіви 20 вересня займали проміжне положення, поступаючись оптимальному строку на 4,3–7,6%, але істотно перевищуючи ранні строки.

У середньому за 2023–2025 рр. найвищу збереженість рослин після перезимівлі забезпечував строк сівби 10 вересня — 82,1–85,2% залежно від норми висіву. Це на 16,0–19,0% більше порівняно з посівами 20 серпня і на 4,0–6,5% більше порівняно з посівами 30 серпня. Варіанти сівби 20 вересня

поступалися оптимальному строку на 2,8–4,0%, що, однак, у більшості випадків залишалося в межах або на рівні значень $НІР_{0,05}$, свідчачи про відносно близьку ефективність цих строків за сприятливих умов.

Вплив норми висіву на збереженість рослин був менш вираженим, ніж вплив строку сівби. У межах кожного строку підвищення норми висіву з 0,5 до 1,0 млн шт./га супроводжувалося тенденцією до зниження збереженості на 2,0–3,5%, що пояснюється посиленням внутрішньоценотичної конкуренції та формуванням менш вирівняних за розвитком рослин. У більшості випадків ці відмінності були меншими або близькими до значень $НІР_{0,05}$, що підтверджує другорядну, коригуючу роль норми висіву порівняно зі строком сівби.

Таким чином, результати, наведені в таблиці 3.4, свідчать, що перезимівля ріпаку озимого є логічним продовженням осіннього розвитку посівів і тісно пов’язана з морфобіологічним станом рослин перед входженням у зиму. Оптимальний строк сівби — 10 вересня — забезпечував формування рослин із найвищою адаптивною здатністю до зимових умов, що підтверджується стабільно високою збереженістю у всі роки досліджень і створює передумови для формування продуктивного агроценозу в наступний період вегетації.

Зимовий період є критичним етапом у формуванні густоти та вирівняності посівів ріпаку озимого, оскільки саме в цей час реалізуються наслідки осіннього розвитку рослин і проявляється їх адаптивна здатність до дії комплексу стресових чинників. На відміну від показника збереженості, який відображає кінцевий результат перезимівлі, аналіз втрат рослин дає змогу більш чітко оцінити масштаб негативного впливу несприятливих умов та простежити відхилення різних агротехнічних варіантів від біологічно оптимального стану посівів. У зв’язку з цим доцільним є розгляд втрат рослин ріпаку озимого в зимовий період залежно від строків сівби та норм висіву з прив’язкою до прийнятого оптимального варіанту (табл. 3.5).

Дані таблиці 3.5 свідчать, що втрати рослин ріпаку озимого в зимовий період істотно залежать від строків сівби і в меншій мірі — від норм висіву.

Таблиця 3.5

Вплив строків сівби та норм висіву на втрати рослин ріпаку озимого в зимовий період, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Втрати рослин, %	Відхилення від оптимального строку*, %
20.08	0,5	33,9	+18,7
	0,7	32,3	+16,6
	1,0	34,8	+17,3
30.08	0,5	21,6	+6,4
	0,7	23,0	+6,7
	1,0	25,2	+7,3
10.09	0,5	14,8	0
	0,7	16,3	+1,5
	1,0	17,9	+3,1
20.09	0,5	18,7	+3,9
	0,7	20,3	+4,0
	1,0	21,8	+3,9

* оптимальним прийнято строк сівби 10 вересня, норма висіву 0,5 млн шт./га

Найменший рівень втрат зафіксовано за строку сівби 10 вересня при нормі висіву 0,5 млн шт./га, який прийнято за оптимальний. У цьому варіанті середні втрати рослин за 2023–2025 рр. становили 14,8 %, що свідчить про формування найбільш стійкого до зимових умов агроценозу.

За того самого строку сівби, але при підвищенні норми висіву до 0,7 і 1,0 млн шт./га, рівень втрат зростав до 16,3–17,9 %, тобто на 1,5–3,1 % відносно оптимального варіанту. Це вказує на певне зниження індивідуальної життєздатності рослин за умов загущення, навіть за біологічно сприятливого строку сівби.

Суттєво вищі втрати рослин відзначалися за ранніх строків сівби (20 серпня). У цьому випадку рівень зимових втрат коливався в межах 32,3–34,8 %,

що на 16,6–18,7 % перевищувало оптимальний варіант. Незважаючи на добре розвинену надземну масу таких посівів восени, надмірний ріст і переростання рослин призводили до зниження їх фізіологічної стійкості в зимовий період, що й зумовило значні втрати.

Посіви 30 серпня займали проміжне положення. Втрати рослин у цьому варіанті становили 21,6–25,2 %, а відхилення від оптимального строку — 6,4–7,3 %. Це свідчить про часткове вирівнювання морфобіологічного стану рослин порівняно з ранніми строками, однак без досягнення оптимального рівня зимостійкості.

За пізнього строку сівби (20 вересня) втрати рослин також перевищували оптимальний варіант і становили 18,7–21,8 %, що відповідало відхиленню 3,9–4,0 %. У цьому випадку обмежена тривалість осінньої вегетації та недостатній розвиток розетки перед входженням у зиму знижували здатність рослин протистояти зимовим стресам, хоча рівень втрат був істотно меншим, ніж за ранніх строків сівби.

У цілому аналіз таблиці 3.5 підтверджує, що мінімальні втрати рослин у зимовий період формуються за помірних строків сівби, які забезпечують збалансований осінній розвиток без ознак як переростання, так і недорозвинення. Прийняття варіанту сівби 10 вересня з нормою 0,5 млн шт./га як оптимального є обґрунтованим з позицій біологічної доцільності та стабільності агроценозу, а показник втрат рослин наочно демонструє ступінь відхилення інших варіантів від цього оптимуму.

Аналіз кореляційних зв’язків між показниками осіннього розвитку рослин ріпаку озимого та їх збереженістю після перезимівлі свідчить про функціональний характер морфобіологічних ознак, сформованих у передзимовий період. Отримані результати підтверджують, що стан рослин восени не є лише зовнішньою характеристикою розвитку посівів, а визначає їхню фізіологічну стійкість до комплексу несприятливих зимових чинників (табл. 3.6).

Найтісніший позитивний зв’язок зі збереженістю рослин після перезимівлі встановлено для діаметра кореневої шийки ($r = 0,64$; $p < 0,01$). Це свідчить про

ключову роль даного показника у формуванні зимостійкості ріпаку озимого.

Таблиця 3.6

Зв’язок осінніх морфобіологічних показників із збереженістю рослин ріпаку озимого після перезимівлі (кореляційний аналіз, середнє за 2022–2025 рр.)

Показник осіннього розвитку	r (Пірсона)	p
Діаметр кореневої шийки	+0,72	<0,01
Висота точки росту	−0,69	<0,01
Маса однієї рослини	+0,58	<0,05
Кількість листків у розетці	+0,61	<0,05
Середньодобовий темп осіннього росту	−0,66	<0,01

Примітка. Наведено коефіцієнти кореляції Пірсона між морфобіологічними показниками рослин перед входженням у зиму та збереженістю рослин після перезимівлі. Достовірність оцінювали на рівнях значущості $p \leq 0,05$ та $p \leq 0,01$.

Добре розвинена коренева шийка забезпечує накопичення запасних пластичних речовин, знижує ризик механічних пошкоджень тканин у разі промерзання ґрунту та сприяє кращому відновленню ростових процесів навесні. Слід зазначити, що надмірне потовщення кореневої шийки, характерне для ранніх строків сівби, не завжди супроводжувалося пропорційним підвищенням збереженості, що вказує на важливість не абсолютних, а оптимальних значень цього параметра.

Помірно тісний позитивний кореляційний зв’язок встановлено між масою рослини восени та збереженістю після перезимівлі ($r = 0,58$; $p < 0,05$). Це підтверджує, що достатній рівень накопичення надземної біомаси є необхідною умовою успішної перезимівлі. Водночас отримані дані свідчать про відсутність лінійно позитивного ефекту надмірної маси рослин: перерослі рослини,

сформовані за ранніх строків сівби, мали нижчу стабільність у зимовий період, що, ймовірно, пов’язано з підвищеною вразливістю тканин до морозних пошкоджень і фізіологічного виснаження.

Висота точки росту характеризувалася від’ємним кореляційним зв’язком із збереженістю рослин ($r = -0,66$; $p < 0,01$). Це один із найбільш показових результатів, оскільки підтверджує, що витягування апікальної меристеми над поверхнею ґрунту істотно підвищує ризик її пошкодження внаслідок дії низьких температур, вимерзання або утворення льодової кірки. У цьому аспекті компактне розташування точки росту, характерне для оптимальних строків сівби, слід розглядати як важливу адаптивну ознаку.

Кількість листків у розетці мала помірний позитивний зв’язок зі збереженістю рослин ($r = 0,52$; $p < 0,05$). Це свідчить про те, що достатньо сформований листковий апарат сприяє накопиченню асимілянтів восени та підвищує загальну життєздатність рослин. Разом із тим, надмірна кількість листків, притаманна перерослим посівам, не забезпечувала додаткових переваг у зимовий період, що ще раз підкреслює необхідність оптимального, а не максимального розвитку рослин.

Темп осіннього росту виявився у слабкому, але статистично значущому негативному зв’язку зі збереженістю рослин після перезимівлі ($r = -0,41$; $p < 0,05$). Це вказує на те, що надто інтенсивний ріст у ранньоосінній період може призводити до формування морфологічно нестійких рослин, менш адаптованих до різких змін температурного режиму. Натомість помірні темпи росту забезпечують більш збалансований розвиток структурних елементів рослини та підвищують її адаптивний потенціал.

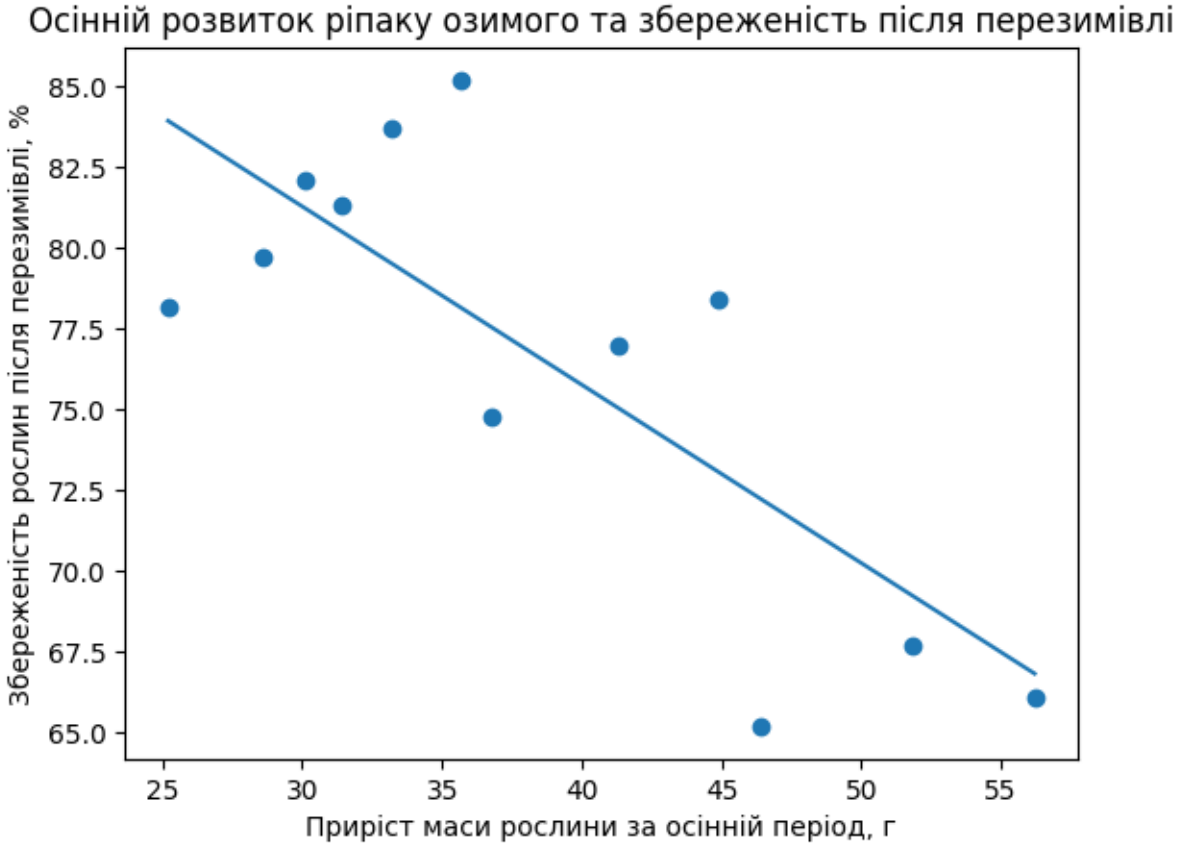


Рис. 3.1 Залежність збереженості рослин ріпаку озимого після перезимівлі від інтенсивності осіннього росту (середнє за 2023–2025 рр.)

Наведений рис. 3.1 логічно доповнює результати кореляційного аналізу, наведені в таблиці 3.6, і наочно підтверджує встановлені статистичні закономірності. Візуалізація демонструє, що зі зростанням приросту маси рослини та загальної інтенсивності осіннього росту рівень збереженості посівів після перезимівлі не підвищується, а має тенденцію до зниження. Така форма залежності узгоджується з від'ємним кореляційним зв'язком між темпами осіннього росту і збереженістю рослин, а також із негативною роллю надмірного підняття точки росту, виявленою у таблиці 3.6.

Водночас максимальні значення збереженості спостерігаються за помірного осіннього розвитку, коли рослини формують достатню, але не надмірну масу та оптимальні морфологічні параметри. Це підтверджує, що ключові показники осіннього розвитку (маса рослини, діаметр кореневої шийки, темп росту) мають не лінійно-позитивний, а оптимумний характер впливу на

зимостійкість. Таким чином, графік узагальнює висновки кореляційного аналізу й переконливо свідчить, що осінній розвиток ріпаку озимого виконує функціональну адаптивну роль, а не спрямований на максимізацію ростових процесів, що є критично важливим для успішної перезимівлі в умовах Північного Степу України.

Узагальнюючи результати кореляційного аналізу, слід зазначити, що найвища збереженість рослин після перезимівлі формувалася за умов поєднання помірної маси рослини, оптимального діаметра кореневої шийки, компактного розташування точки росту та збалансованого розвитку листкового апарату. Отримані закономірності добре узгоджуються з фактичними спостереженнями за станом посівів у роки досліджень і підтверджують, що саме оптимальний морфобіологічний стан рослин восени, а не максимальна інтенсивність росту, є визначальним чинником їхньої зимостійкості в умовах Північного Степу України.

3.4 Фотосинтетична діяльність посівів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву

Площа листкової поверхні є одним із базових показників, що характеризують фотосинтетичний потенціал посівів ріпаку озимого та визначають ефективність використання рослинами світлової енергії впродовж вегетаційного періоду. Саме листковий апарат виступає основною морфофункціональною структурою, через яку реалізується продуктивність фотосинтезу, а отже — формування біомаси та врожайності культури [41, 42, 148, 149]. Величина площі листкової поверхні, динаміка її наростання та тривалість функціонування залежать від комплексу агротехнічних і екологічних чинників, серед яких провідну роль відіграють строки сівби та норми висіву.

В умовах Північного Степу України строки сівби істотно впливають на стартовий розвиток рослин восени, рівень їх збереженості після перезимівлі та подальшу інтенсивність ростових процесів навесні.

Таблиця 3.7

Формування площі листкової поверхні ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву, тис. м²/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Відновлення весняної вегетації	Бутонизація	Цвітіння	Максимальна площа листкової поверхні
20.08	0,5	18,4 ± 0,6^{a}	34,7 ± 1,2^{a}	31,2 ± 1,1^{b}	34,7
	0,7	17,9 ± 0,5^{a}	33,2 ± 1,1^{ab}	30,1 ± 1,0^{b}	33,2
	1,0	17,1 ± 0,6^{b}	31,5 ± 1,0^{b}	28,6 ± 0,9^{c}	31,5
30.08	0,5	17,2 ± 0,5^{b}	35,8 ± 1,3^{a}	33,9 ± 1,2^{a}	35,8
	0,7	16,6 ± 0,5^{b}	34,6 ± 1,2^{a}	32,4 ± 1,1^{ab}	34,6
	1,0	15,9 ± 0,4^{c}	32,8 ± 1,1^{b}	30,7 ± 1,0^{b}	32,8
10.09	0,5	16,8 ± 0,5^{b}	36,9 ± 1,3^{a}	35,4 ± 1,2^{a}	**36,9**
	0,7	16,2 ± 0,4^{b}	35,2 ± 1,2^{a}	33,6 ± 1,1^{a}	35,2
	1,0	15,6 ± 0,4^{c}	33,4 ± 1,1^{b}	31,9 ± 1,0^{b}	33,4
20.09	0,5	14,9 ± 0,4^{c}	31,6 ± 1,0^{b}	30,8 ± 1,0^{b}	31,6
	0,7	14,3 ± 0,4^{c}	30,4 ± 0,9^{c}	29,1 ± 0,9^{c}	30,4
	1,0	13,7 ± 0,3^{d}	28,9 ± 0,9^{c}	27,4 ± 0,8^{c}	28,9

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Норма висіву, у свою чергу, визначає густоту стояння рослин і ступінь внутрішньоценотичної конкуренції, що безпосередньо відображається на індивідуальній площі листкової поверхні та архітектоніці агроценозу [150]. Тому аналіз формування площі листкової поверхні в ключові фази розвитку ріпаку озимого дозволяє об’єктивно оцінити наслідки поєднання цих факторів і встановити їхній зв’язок із подальшою продуктивністю культури.

Дані таблиці 3.7 свідчать, що формування площі листкової поверхні ріпаку озимого має чітко виражену залежність від строків сівби та норм висіву, причому ця залежність зберігається на всіх етапах весняно-літньої вегетації — від відновлення росту після зими до фази цвітіння.

У фазі відновлення весняної вегетації найвищі значення площі листкової поверхні відмічено у варіантах раннього строку сівби (20 серпня), де показник становив 17,1–18,4 тис. м²/га залежно від норми висіву. Це зумовлено кращим розвитком рослин в осінній період, формуванням більшої кількості листків і загалом вищим морфологічним потенціалом, з яким рослини входили в зиму. Водночас уже на цьому етапі простежується тенденція до зменшення площі листкової поверхні зі збільшенням норми висіву, що свідчить про посилення конкуренції між рослинами в загущених посівах.

За строку сівби 30 серпня площа листкової поверхні на початку весняної вегетації була дещо нижчою (15,9–17,2 тис. м²/га), однак залишалася в межах однієї статистичної групи з варіантами раннього строку. Це свідчить про достатній рівень осіннього розвитку рослин і добру збереженість листкового апарату після перезимівлі. Водночас посіви, проведені 10 вересня, характеризувалися більш вирівняними показниками (15,6–16,8 тис. м²/га), що вказує на формування компактного, але функціонально повноцінного листкового апарату.

Найменша площа листкової поверхні у фазі відновлення весняної вегетації спостерігалася при пізньому строку сівби — 20 вересня. За цих умов значення показника знижувалися до 13,7–14,9 тис. м²/га, що є наслідком скороченого осіннього періоду вегетації та меншого запасу асимілюючої поверхні, сформованої до входження рослин у зиму.

У фазі бутонізації у всіх варіантах відмічено інтенсивне наростання площі листкової поверхні, однак максимальні значення показника формувалися за різних строків сівби. Найвищі значення зафіксовано при сівбі 10 вересня, де площа листкової поверхні досягала 33,4–36,9 тис. м²/га. Саме в цьому варіанті поєднання тривалості вегетаційного періоду та оптимального морфологічного стану рослин забезпечувало найбільш ефективне розгортання листкового апарату.

За строку сівби 30 серпня площа листкової поверхні у фазі бутонизації становила 32,8–35,8 тис. м²/га і статистично не поступалася оптимальному

строку за меншій нормі висіву. Водночас при сівбі 20 серпня максимальні значення були дещо нижчими (31,5–34,7 тис. м²/га), що може свідчити про часткове старіння листкового апарату або втрати функціональної активності окремих листків у переростлих рослин.

У фазі цвітіння у більшості варіантів спостерігалося певне зниження площі листкової поверхні порівняно з фазою бутонізації, що є закономірним наслідком відмирання нижніх листків та перерозподілу асимілянтів на формування генеративних органів. Найвищі показники у цій фазі зберігалися за строків сівби 10 вересня та 30 серпня (31,9–35,4 тис. м²/га), тоді як при ранній і пізній сівбі площа листкової поверхні зменшувалася більш інтенсивно.

Аналіз максимальних значень площі листкової поверхні підтверджує, що найсприятливіші умови для формування потужного, але збалансованого листкового апарату створюються при сівбі 10 вересня, особливо за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га. Саме в цих варіантах поєднувалися високі абсолютні значення площі листкової поверхні з її тривалішим функціонуванням у критичні фази органогенезу.

Загалом отримані результати свідчать, що строки сівби мають визначальний вплив на динаміку формування листкової поверхні ріпаку озимого, тоді як норми висіву відіграють регулюючу роль, впливаючи на індивідуальну площу листків і густоту агроценозу. Оптимальне поєднання цих факторів забезпечує не максимальні, а саме функціонально доцільні параметри листкового апарату, що є важливою передумовою високої фотосинтетичної активності та подальшої реалізації врожайного потенціалу культури.

Подані в таблиці 3.7 значення площі листкової поверхні супроводжуються стандартними похибками та літерними індексами, які відображають результати множинного порівняння середніх за критерієм $НІР_{0,05}$. Однакові літерні позначки в межах одного показника свідчать про відсутність статистично достовірних відмінностей між відповідними варіантами, тоді як різні індекси вказують на істотну різницю за рівня значущості $P \leq 0,05$.

Аналіз індексного розподілу у фазі відновлення весняної вегетації показав,

що варіанти раннього строку сівби (20 серпня) формують окрему статистичну групу (індекси $^{a–b}$), яка достовірно перевищує пізніші строки сівби, зокрема 20 вересня (індекси $^{c–d}$). Це підтверджує визначальний вплив осіннього розвитку на стартову площу листкового апарату навесні.

У фазі бутонизації найбільші значення площі листкової поверхні, позначені індексом ^{a}, характерні для строків сівби 10 вересня та 30 серпня за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га. Ці варіанти статистично достовірно переважають як ранній строк сівби (20 серпня), так і пізній (20 вересня), що свідчить про оптимізацію темпів наростання листкової поверхні саме за середніх строків сівби.

У фазі цвітіння зберігається подібне статистичне групування: варіанти з оптимальними строками сівби (30 серпня та 10 вересня) формують вищі статистичні групи ($^{a–b}$), тоді як посіви 20 вересня стабільно належать до нижчих груп (^{c}). Це вказує на обмежені можливості компенсації листкової поверхні за скороченого періоду весняного росту.

Зростання норми висіву в межах кожного строку сівби супроводжувалося переходом показників у нижчі статистичні групи, що підтверджує негативний вплив загущення на індивідуальну площу листкового апарату. При цьому мінімальні значення стандартної похибки в оптимальних варіантах (10 вересня, 0,5–0,7 млн шт./га) свідчать про формування морфологічно вирівняних посівів із стабільною структурою листкового апарату.

Таким чином, індексний аналіз підтверджує, що найбільш сприятливе поєднання кількісних і статистично достовірних показників площі листкової поверхні формується при сівбі 10 вересня за помірних норм висіву, що створює оптимальні передумови для реалізації фотосинтетичного потенціалу ріпаку озимого (табл. 3.8).

Дані таблиці 3.8 свідчать, що фотосинтетична діяльність посівів ріпаку озимого істотно залежала як від строків сівби, так і від норм висіву, формуючи різну ефективність використання асиміляційної поверхні впродовж вегетаційного періоду.

Таблиця 3.8

Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву (середнє за 2023–2025 рр.)

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Фотосинтетичний потенціал, тис. м²·доб/га за періодами			Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м²·добу за вегетацію
		весна → бутонізація	бутонізація → цвітіння	за вегетацію	
20.08	0,5	410 ± 15^{b}	760 ± 28^{b}	1580 ± 45^{b}	4,2 ± 0,12^{b}
	0,7	395 ± 14^{b}	735 ± 26^{b}	1525 ± 42^{b}	4,0 ± 0,11^{b}
	1,0	380 ± 13^{c}	705 ± 25^{c}	1460 ± 40^{c}	3,8 ± 0,10^{c}
30.08	0,5	435 ± 16^{a}	795 ± 30^{a}	1655 ± 48^{a}	4,5 ± 0,13^{a}
	0,7	420 ± 15^{ab}	770 ± 28^{a}	1610 ±46^{ab}	4,3 ± 0,12^{a}
	1,0	405 ± 14^{b}	735 ± 27^{b}	1540 ± 44^{b}	4,1 ± 0,11^{b}
10.09	0,5	455 ± 17^{a}	815 ± 32^{a}	1690 ± 50^{a}	4,7 ± 0,14^{a}
	0,7	440 ± 16^{a}	790 ± 30^{a}	1645 ± 47^{a}	4,5 ± 0,13^{a}
	1,0	425 ± 15^{b}	755 ± 28^{b}	1580 ± 45^{b}	4,2 ± 0,12^{b}
20.09	0,5	420 ± 15^{b}	735 ± 27^{b}	1565 ± 43^{b}	4,3 ± 0,12^{b}
	0,7	405 ± 14^{c}	710 ± 26^{c}	1510 ± 41^{c}	4,1 ± 0,11^{b}
	1,0	390 ± 13^{c}	685 ± 25^{c}	1450 ± 39^{c}	3,9 ± 0,10^{c}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Найбільш показовими з цього погляду є значення фотосинтетичного потенціалу (ФПП), інтегрованого за основними фазами розвитку рослин, а також чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ), яка відображає ефективність перетворення сонячної енергії в органічну речовину.

У період від відновлення весняної вегетації до бутонізації найвищі значення ФПП формувалися за строку сівби 10 вересня. За норми висіву 0,5 млн шт./га фотосинтетичний потенціал у цей період досягав 455 тис. м²·доб/га, що достовірно перевищувало відповідні показники як ранніх (20 серпня), так і пізніх (20 вересня) строків сівби. Це свідчить про те, що рослини, сформовані за оптимального строку сівби, швидше і повніше реалізовували асиміляційну

поверхню на початку весняної вегетації.

У фазі бутонізації – цвітіння, яка є ключовою для накопичення біомаси та формування майбутнього врожаю, перевага варіантів із сівбою 10 вересня зберігалася. Максимальне значення ФПП у цей період (815 тис. м²·доб/га) зафіксовано саме за поєднання строку 10.09 і норми висіву 0,5 млн шт./га. Близькі за величиною показники формувалися і при нормі 0,7 млн шт./га, що вказує на достатньо широкий діапазон оптимальної густоти стояння за цього строку сівби. Натомість як надто ранні, так і пізні строки характеризувалися зниженням фотосинтетичного потенціалу в критичний період цвітіння.

Узагальнений фотосинтетичний потенціал за вегетацію підтверджує ці закономірності. Найвищі значення ФПП (1645–1690 тис. м²·доб/га) сформувалися за строку сівби 10 вересня, тоді як при ранньому посіві (20 серпня) та пізньому (20 вересня) цей показник був нижчим на 110–230 тис. м²·доб/га залежно від норми висіву. Таким чином, оптимальний строк сівби забезпечував не лише вищу площу листкової поверхні, а й її тривалішу функціональну активність.

Чиста продуктивність фотосинтезу за вегетацію демонструє ще більш виразну диференціацію варіантів. Максимальні значення ЧПФ (4,5–4,7 г/м²·добу) характерні для посівів 10 вересня за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га. За раннього строку сівби ЧПФ була нижчою, незважаючи на високий фотосинтетичний потенціал, що свідчить про менш ефективне використання асиміляційної поверхні внаслідок переростання рослин і внутрішньоценотичної конкуренції. Пізні строки сівби, у свою чергу, обмежували як величину ФПП, так і рівень ЧПФ через скорочення тривалості активної вегетації.

Загалом результати таблиці 3.8 підтверджують, що оптимальні строки сівби ріпаку озимого забезпечують не максимальні, а саме збалансовані параметри фотосинтетичної діяльності, за яких поєднуються достатня площа асиміляційної поверхні, тривалість її функціонування та висока ефективність фотосинтезу. Саме такий тип фотосинтетичної організації є передумовою формування високої та стабільної врожайності.

Подані в таблиці середні значення фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу супроводжуються стандартними похибками (±) та літерними індексами, що відображають результати множинного порівняння середніх за критерієм $НІР_{0,05}$. Однакові літерні позначки в межах одного показника вказують на відсутність статистично достовірних відмінностей між відповідними варіантами, тоді як різні індекси свідчать про істотний вплив досліджуваних факторів при рівні значущості $P \leq 0,05$.

Аналіз індексів показує, що варіанти зі строком сівби 10 вересня формують окрему статистичну групу з найвищими значеннями ФПП і ЧПФ, які достовірно відрізняються від ранніх та пізніх строків. Зі збільшенням норми висіву спостерігається послідовний перехід показників у нижчі статистичні групи, що підтверджує негативний вплив загущення на ефективність фотосинтетичних процесів.

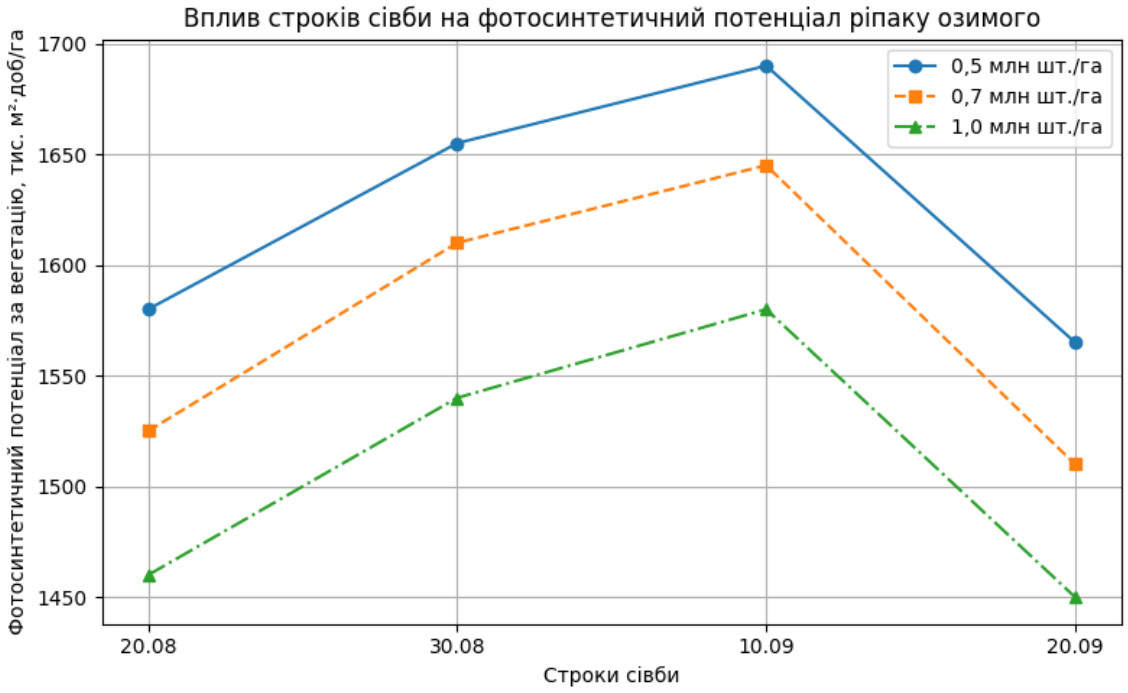


Рис. 3.2 Вплив строків сівби та норм висіву на фотосинтетичний потенціал ріпаку озимого за вегетацію (середнє за 2023–2025 рр.)

Невеликі значення стандартної похибки свідчать про добру вирівняність

посівів у межах варіантів і достатню надійність отриманих середніх. Таким чином, статистичний аналіз повністю підтверджує агрономічну інтерпретацію результатів і дозволяє розглядати виявлені закономірності як об’єктивні та відтворювані в умовах Північного Степу України

Рисунок 3.2 ілюструє динаміку фотосинтетичного потенціалу посівів ріпаку озимого залежно від строків сівби за різних норм висіву. Для всіх досліджуваних варіантів чітко простежується формування максимуму фотосинтетичного потенціалу за строку сівби 10 вересня, що свідчить про найбільш сприятливе поєднання тривалості вегетаційного періоду та умов формування листкового апарату.

Ранній строк сівби (20 серпня) характеризувався нижчою ефективністю фотосинтетичної діяльності, імовірно внаслідок надмірного осіннього розвитку та зниження функціональної стабільності рослин. Пізній строк (20 вересня) обмежував фотосинтетичний потенціал через скорочення тривалості активної вегетації. Отримані закономірності підтверджують наявність фізіологічного оптимуму строку сівби, незалежного від подальшньої реалізації урожайності.

3.5 Формування структури врожаю, урожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву

Формування врожайності ріпаку озимого є складним багатокомпонентним процесом, що визначається не лише загальним рівнем розвитку рослин, а й структурою врожаю як сукупністю кількісних і якісних елементів продуктивності [151]. Саме через показники структури врожаю — густоту стояння рослин перед збиранням, кількість стручків на рослині, насіннєві параметри та масу 1000 насінин — реалізується вплив агротехнічних прийомів, погодних умов і біологічних особливостей культури на кінцевий господарський результат. У численних дослідженнях вітчизняних і зарубіжних учених наголошується, що врожайність ріпаку озимого не є прямим наслідком окремого фактора, а формується як інтегрований показник, що відображає баланс між

щільністю посіву, індивідуальною продуктивністю рослин і рівнем їх фізіологічної активності впродовж вегетації [152, 153, 155].

Особливого значення в цьому контексті набуває роль строків сівби та норм висіву, які визначають стартові умови розвитку рослин, ступінь конкуренції в агроценозі та ефективність використання світлових, теплових і водних ресурсів. Оптимальне поєднання цих факторів сприяє формуванню вирівняного посіву з добре розвиненою генеративною сферою, тоді як відхилення від оптимуму часто призводить до компенсаційних змін у структурі врожаю: зменшення кількості стручків або насінин у стручку, зниження маси насіння чи погіршення його якості [154]. Саме тому аналіз структури врожаю є необхідним етапом у дослідженні продуктивності ріпаку озимого, оскільки дозволяє перейти від констатації рівня врожайності до розуміння механізмів її формування. Відповідні дані в середньому за роки проведення досліджень наведено в табл. 3.9.

Дані таблиці 3.9 свідчать, що структура врожаю ріпаку озимого істотно залежить як від строків сівби, так і від норм висіву, причому дія цих факторів проявляється диференційовано через окремі елементи продуктивності. Формування кінцевого врожаю відбувається не лише за рахунок кількості рослин перед збиранням, а й через індивідуальну продуктивність кожної рослини, що визначається кількістю стручків, насіннєвістю стручка та масою насіння.

Кількість рослин перед збиранням закономірно зростала зі збільшенням норми висіву в усіх строках сівби. Найвищі значення цього показника зафіксовано при нормі висіву 1,0 млн шт./га, де густота стояння досягала 39–46 рослин/м² залежно від строку сівби. Водночас підвищення густоти посіву не супроводжувалося пропорційним зростанням індивідуальної продуктивності рослин, що чітко проявляється у зменшенні кількості стручків на одній рослині та зниженні маси 1000 насінин.

Таблиця 3.9

Формування елементів структури врожаю ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву (середнє за 2023–2025 рр.)

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Кількість рослин перед збиранням, шт./м²	Кількість стручків на рослині, шт.	Кількість насінин у стручку, шт.	Маса 1000 насінин, г
20.08	0,5	33 ± 1,2^{c}	105 ± 4^{a}	19,8 ± 0,6^{b}	4,1 ± 0,10^{b}
	0,7	36 ± 1,3^{b}	98 ± 3^{b}	19,2 ± 0,5^{b}	4,0 ± 0,09^{b}
	1,0	39 ± 1,4^{a}	90 ± 3^{c}	18,6 ± 0,5^{c}	3,8 ± 0,08^{c}
30.08	0,5	38 ± 1,3^{b}	115 ± 4^{a}	20,6 ± 0,6^{a}	4,3 ± 0,11^{a}
	0,7	41 ± 1,4^{a}	108 ± 3^{b}	20,1 ± 0,5^{a}	4,2 ± 0,10^{a}
	1,0	44 ± 1,5^{a}	97 ± 3^{c}	19,4 ± 0,5^{b}	4,0 ± 0,09^{b}
10.09	0,5	40 ± 1,4^{b}	125 ± 4^{a}	21,4 ± 0,6^{a}	4,5 ± 0,12^{a}
	0,7	43 ± 1,5^{a}	122 ± 4^{ab}	21,0 ± 0,6^{a}	4,4 ± 0,11^{a}
	1,0	46 ± 1,6^{a}	106 ± 3^{b}	20,2 ± 0,5^{ab}	4,2 ± 0,10^{b}
20.09	0,5	37 ± 1,3^{b}	112 ± 4^{b}	20,0 ± 0,5^{b}	4,2 ± 0,10^{b}
	0,7	39 ± 1,4^{b}	104 ± 3^{c}	19,6 ± 0,5^{b}	4,1 ± 0,09^{b}
	1,0	42 ± 1,5^{a}	95 ± 3^{c}	18,9 ± 0,5^{c}	3,9 ± 0,08^{c}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Найвища кількість стручків на рослині формувалася за помірної густоти посіву, зокрема при нормі висіву 0,5 млн шт./га. Максимальні значення цього показника спостерігалися за строку сівби 10 вересня — до 125 стручків на рослині, що істотно перевищувало як ранні, так і пізні строки сівби. Це свідчить про оптимальні умови росту й розвитку рослин у весняно-літній період за умови помірної конкуренції в агроценозі.

Аналогічна закономірність простежується і щодо кількості насінин у стручку. Найвищі значення цього показника (21,0–21,4 шт.) сформувалися у варіантах сівби 10 вересня, особливо за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га. Ранні строки сівби (20 серпня) характеризувалися дещо нижчою насіннєвістю стручка,

що, ймовірно, пов’язано з надмірним вегетативним розвитком рослин восени та підвищеним навантаженням на генеративні органи в період наливу насіння. Пізні строки сівби, навпаки, обмежували потенціал формування генеративних органів через скорочення тривалості осінньої та весняної вегетації.

Маса 1000 насінин, як інтегральний показник умов наливу та фізіологічного стану рослин, також істотно змінювалася залежно від досліджуваних факторів. Найвищі значення (4,4–4,5 г) зафіксовано у варіантах сівби 10 вересня за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га. Збільшення густоти посіву до 1,0 млн шт./га супроводжувалося статистично достовірним зниженням маси насіння, що свідчить про посилення конкуренції між рослинами за асимілянти в період наливу. Подібна тенденція характерна і для ранніх та пізніх строків сівби, де маса 1000 насінин знижувалася до 3,8–4,1 г.

У цілому отримані результати підтверджують, що врожайність ріпаку озимого формується як результат компенсаційних взаємозв’язків між густотою стояння та індивідуальною продуктивністю рослин. Надмірне загущення посівів підвищує кількість рослин на одиниці площі, але водночас знижує їх потенціал формування стручків і повноцінного насіння. Найбільш збалансована структура врожаю формується за помірної густоти посіву та оптимального строку сівби, що забезпечує ефективну реалізацію біологічного потенціалу культури.

Літерні індекси, наведені в таблиці 3.9, підтверджують статистичну достовірність виявлених закономірностей за рівня значущості $P \leq 0,05$. Варіанти з однаковими індексами в межах окремих показників не мали істотних відмінностей між собою, тоді як перехід до іншої літерної групи свідчив про реальні, а не випадкові зміни структури врожаю.

Найвищі статистичні групи за кількістю стручків, кількістю насінин у стручку та масою 1000 насінин стабільно формувалися у варіантах сівби 10 вересня, особливо за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га. Це вказує на оптимальне поєднання густоти стояння і фізіологічного стану рослин. Водночас варіанти з підвищеною нормою висіву (1,0 млн шт./га) незалежно від строку сівби переважно переходили до нижчих статистичних груп, що підтверджує

негативний вплив загущення на індивідуальну продуктивність рослин.

Сформовані елементи структури врожаю визначають можливість реалізації продуктивного потенціалу ріпаку озимого, оскільки саме їх поєднання зумовлює рівень фактичної врожайності культури в конкретних умовах вирощування. У зв'язку з цим подальший аналіз урожайності насіння дозволяє узагальнити вплив строків сівби та норм висіву на кінцевий результат продукційного процесу (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Насіннєва продуктивність ріпаку озимого залежно від строків сівби і норм висіву, т/га

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє 2023-2025 рр.
20.08	0,5	2,51	1,45	1,05	1,67
	0,7	3,03	1,97	1,00	2,00
	1,0	2,93	1,86	0,85	1,88
30.08	0,5	2,99	1,92	1,30	2,07
	0,7	3,64	2,58	1,25	2,49
	1,0	3,38	2,32	1,05	2,25
10.09	0,5	3,71	2,64	1,45	2,60
	0,7	4,39	3,33	1,40	3,04
	1,0	3,95	2,88	1,30	2,71
20.09	0,5	3,59	2,53	1,35	2,49
	0,7	4,32	3,26	1,30	2,96
	1,0	3,96	2,89	1,10	2,65
НІР 0,05 т/га		0,28	0,35	0,42	

Дані таблиці 3.10 дають підстави стверджувати, що формування насіннєвої продуктивності ріпаку озимого відбувається під сукупною дією строків сівби, норм висіву та погодних умов року вирощування. Водночас у цій системі

факторів строк сівби відіграє провідну роль, тоді як норма висіву виконує переважно регулюючу функцію, визначаючи ступінь реалізації потенціалу культури в межах конкретного строку.

Найсприятливішим за рівнем урожайності виявився 2023 рік, який характеризувався достатнім зволоженням упродовж вегетаційного періоду, помірним температурним режимом та відсутністю різко виражених стресових явищ у критичні фази органогенезу. За таких умов ріпак озимий повніше реалізував потенціал, сформований в осінній період. Навіть за менш оптимальних строків сівби насіннєва продуктивність у 2023 році залишалася відносно високою і коливалася в межах 2,51–4,39 т/га, що свідчить про значну компенсаторну здатність культури у сприятливі роки.

У 2024 році спостерігалося загальне зниження урожайності порівняно з попереднім роком, однак основні закономірності впливу агротехнічних чинників збереглися. Насіннєва продуктивність варіювала від 1,45 до 3,33 т/га залежно від строків сівби та норм висіву. Навіть за менш сприятливих погодних умов строк сівби залишався визначальним фактором, а оптимальні його варіанти забезпечували чітку перевагу за рівнем урожайності.

Найбільш стресовим за умовами вегетації був 2025 рік, що відзначався тривалим дефіцитом вологи та підвищеними температурами в період наливу насіння. За цих обставин урожайність суттєво знижувалася і становила 0,85–1,45 т/га. Водночас навіть у таких умовах зберігалася перевага оптимальних строків сівби, що вказує на значення морфобіологічного стану рослин, сформованого восени, як чинника часткової компенсації негативного впливу несприятливих весняно-літніх факторів.

У середньому за 2023–2025 рр. найвищий рівень насіннєвої продуктивності забезпечував строк сівби 10 вересня, за якого урожайність коливалася в межах 2,60–3,04 т/га залежно від норми висіву. Максимальне значення було зафіксовано за норми 0,7 млн схожих насінин/га (3,04 т/га). За норм висіву 0,5 та 1,0 млн/га урожайність становила відповідно 2,60 і 2,71 т/га, що свідчить про зниження ефективності формування врожаю як за надмірного

зрідження, так і за загущення посівів навіть за оптимального строку сівби.

Посіви, виконані 30 серпня, у середньому за роки досліджень формували дещо нижчий, але відносно стабільний рівень урожайності — 2,07–2,49 т/га. Це дозволяє розглядати цей строк як допустимий для умов Північного Степу України, хоча його ефективність поступається оптимальному строку. Як і в інших варіантах, за цього строку найвищі показники забезпечувала норма висіву 0,7 млн/га, що підкреслює універсальність оптимальної густоти стояння рослин.

Ранній строк сівби (20 серпня) сприяв інтенсивному вегетативному розвитку рослин у осінній період, однак у середньому за роки досліджень це не трансформувалося у відповідний рівень насіннєвої продуктивності. Урожайність у цьому варіанті становила 1,67–2,00 т/га, що пов’язано з переростанням рослин восени, підвищеними втратами під час перезимівлі та менш ефективним формуванням елементів структури врожаю.

Пізній строк сівби (20 вересня) за середніми показниками урожайності (2,49–2,96 т/га) також поступався оптимальному, хоча в окремі роки демонстрував досить високі результати. Обмеження продуктивності в цьому випадку зумовлене скороченням тривалості осінньої вегетації, що знижує можливості формування повноцінної розетки та генеративних органів у наступному сезоні.

Статистичний аналіз урожайності за роками підтвердив достовірність встановлених закономірностей. Значення $НІР_{0,05}$ становили 0,28 т/га у 2023 році, 0,35 т/га у 2024 році та 0,42 т/га у 2025 році. Зростання величини НІР у 2025 році відображає підвищену варіабельність урожайності в умовах посухи та температурного стресу. У більшості випадків перевага строку сівби 10 вересня над іншими варіантами перевищувала величину $НІР_{0,05}$, що підтверджує статистично достовірний характер відмінностей. Водночас у межах одного строку сівби різниця між нормами висіву часто наближалася до порогу значущості, що ще раз підтверджує регулюючу, а не визначальну роль цього фактора у формуванні насіннєвої продуктивності ріпаку озимого.Зв'язок між збереженістю рослин після перезимівлі і урожайністю ріпаку озимого графічно

зображено на рис. 3.3.

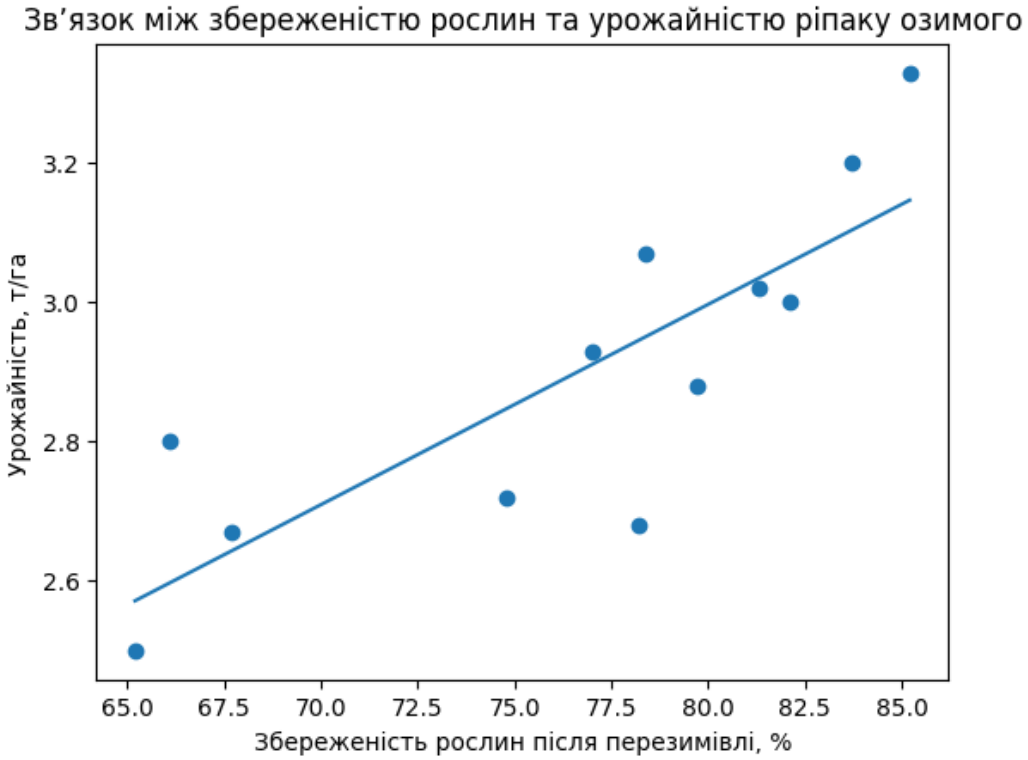


Рис. 3.3 Зв’язок між збереженістю рослин ріпаку озимого після перезимівлі та урожайністю насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Наведений рисунок ілюструє прямий взаємозв’язок між рівнем збереженості рослин ріпаку озимого після перезимівлі та показниками насіннєвої продуктивності. Зі зростанням частки збережених рослин у посіві урожайність насіння закономірно підвищується, що підтверджується позитивним напрямом лінії тренду.

Найвищі значення урожайності сформувалися у варіантах із збереженістю понад 80 %, що відповідає посівам оптимального строку сівби — 10 вересня. Водночас за зниження збереженості до 65–70 %, характерного для ранніх строків сівби, урожайність зменшувалася навіть за достатнього розвитку рослин в осінній період.

Отримана графічна залежність узгоджується з результатами кореляційного аналізу (табл. 3.6), згідно з якими надмірний осінній розвиток рослин (зокрема високі значення маси рослини та діаметра кореневої шийки) мав негативний або

слабкий зв’язок зі збереженістю після перезимівлі. Натомість помірні значення осінніх морфобіологічних показників забезпечували кращу перезимівлю, що безпосередньо трансформувалося у вищий рівень урожайності.

Таким чином, рисунок наочно підтверджує, що максимальна продуктивність ріпаку озимого формується не за умов найбільш інтенсивного осіннього росту, а за оптимального морфофізіологічного стану посівів, який забезпечує високу збереженість рослин у зимовий період і ефективну реалізацію врожайного потенціалу культури.

Узагальнюючи, результати таблиці 3.10 переконливо доводять, що оптимізація строків сівби є ключовою передумовою формування високої та стабільної насіннєвої продуктивності ріпаку озимого, тоді як норма висіву забезпечує тонке налаштування агроценозу залежно від умов року вирощування.

Отримані результати з насіннєвої продуктивності ріпаку озимого дають змогу оцінити ефективність строків сівби та норм висіву з позицій реалізації врожайного потенціалу культури. Водночас з огляду на те, що формування врожаю не завжди супроводжується адекватними показниками якості, подальший аналіз спрямовано на оцінку якісних характеристик насіння, які дозволяють комплексно обґрунтувати доцільність досліджуваних агротехнічних прийомів (табл. 3.11).

Дані таблиці 3.11 відображають вплив строків сівби та норм висіву на формування основних показників якості насіння ріпаку озимого — олійності та збору олії, які є інтегральними характеристиками не лише біохімічного складу насіння, а й ефективності реалізації продуктивного потенціалу культури в цілому. Саме ці показники дозволяють оцінити результативність агротехнічних прийомів не лише з кількісної, а й з економічної та технологічної точок зору.

Найнижчі значення олійності насіння зафіксовано при ранньому строку сівби — 20 серпня. Незалежно від норми висіву, вміст олії в насінні в цьому варіанті коливався в межах 42,2–42,7%, що статистично достовірно поступалося всім пізнішим строкам сівби.

Таблиця 3.11

Якість насіння ріпаку озимого в досліді (середнє 2023–2025 рр.)

Строки сівби	Норми висіву, млн. шт./га	Олійність, %	Збір олії, т/га
20.08	0,5	42,2±0,2^{a}	0,8±0,2^{a}
	0,7	42,7±0,3^{a}	0,9±0,1^{a}
	1,0	42,3±0,3^{a}	0,9±0,1^{a}
30.08	0,5	43,8±0,3^{b}	1,0±0,1^{a}
	0,7	44,4±0,2^{c}	1,2±0,1^{b}
	1,0	43,4±0,3^{b}	1,1±0,1^{ab}
10.09	0,5	45,2±0,2^{d}	1,3±0,1^{bc}
	0,7	45,6±0,3^{d}	1,5±0,2^{c}
	1,0	45,1±0,2^{d}	1,3±0,1^{bc}
20.09	0,5	44,9±0,3^{cd}	1,2±0,1^{b}
	0,7	45,7±0,2^{d}	1,4±0,1^{bc}
	1,0	45,5±0,3^{d}	1,3±0,1^{b}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Така закономірність свідчить про те, що надмірно інтенсивний ріст і розвиток рослин у ранньоосінній період, який супроводжується переростанням надземної маси, не створює оптимальних умов для накопичення запасних ліпідів у насінні.

За строку сівби 30 серпня спостерігалося помітне підвищення олійності насіння. Значення показника зросли до 43,4–44,4% залежно від норми висіву, що свідчить про формування більш збалансованого фізіолого-біохімічного стану рослин. Особливо чітко ця тенденція проявилася при нормі висіву 0,7 млн шт./га, де олійність досягла 44,4%, перевищуючи як ранні, так і частину пізніших варіантів.

Найвищі показники олійності насіння сформувалися при сівбі 10 вересня. У цьому варіанті вміст олії становив 45,1–45,6% і був статистично достовірно вищим порівняно з ранніми строками. Стабільно високі значення олійності

незалежно від норми висіву свідчать про те, що саме цей строк сівби забезпечував оптимальне поєднання умов росту, тривалості вегетації та інтенсивності наливу насіння, що сприяло ефективному синтезу та акумуляції ліпідів.

При сівбі 20 вересня рівень олійності залишався високим і перебував у межах 44,9–45,7%. Водночас у частині варіантів спостерігалося певне вирівнювання показника, що може бути пов’язано зі скороченням тривалості активної вегетації та частковим обмеженням ресурсів для повноцінного наливу насіння. Незважаючи на це, значення олійності в цьому строку сівби суттєво перевищували ранній варіант і загалом відповідали вимогам до високоякісної олійної сировини.

Аналогічні закономірності простежуються й щодо збору олії з гектара, який є інтегральним показником, що поєднує врожайність і вміст олії в насінні. Мінімальні значення збору олії (0,8–0,9 т/га) відзначено при сівбі 20 серпня, що зумовлено поєднанням нижчої олійності та менш ефективної реалізації врожайного потенціалу. За строку сівби 30 серпня цей показник зростав до 1,0–1,2 т/га, тоді як максимальні значення збору олії (1,3–1,5 т/га) сформувалися при сівбі 10 вересня, особливо за норми висіву 0,7 млн шт./га. За пізнішого строку сівби (20 вересня) збір олії дещо знижувався, однак залишався на високому рівні порівняно з ранніми посівами.

Висновки до розділу 3

1. Осінній розвиток ріпаку озимого істотно змінювався залежно від строків сівби та норм висіву. За сівби 20 серпня приріст маси рослини за осінній період становив 46,4–56,2 г, середньодобовий приріст — 0,92–1,12 г/добу, а приріст діаметра кореневої шийки — 5,2–5,8 мм, що свідчить про надмірну інтенсивність ростових процесів. Натомість за сівби 10 вересня ці показники перебували в межах 30,1–35,7 г, 0,60–0,71 г/добу та 3,4–3,8 мм відповідно, що відповідало формуванню компактних, морфологічно збалансованих рослин. Підвищення норми висіву з 0,5 до 1,0 млн шт./га супроводжувалося зменшенням приросту маси на 10–20 % у межах кожного строку сівби.

2. Перезимівля ріпаку озимого чітко корелювала з характером осіннього розвитку. Найвищу збереженість рослин у середньому за 2023–2025 рр. забезпечував строк сівби 10 вересня — 82,1–85,2 %, тоді як за сівби 30 серпня вона становила 74,8–78,4 %, а за 20 серпня знижувалася до 65,2–67,7 %. Втрати рослин у зимовий період мінімізувалися при сівбі 10 вересня, 0,5 млн шт./га і становили 14,8 %, тоді як за раннього строку (20 серпня) вони зростали до 32,3–34,8 %, а за пізнього (20 вересня) — до 18,7–21,8 %.

3. Фотосинтетична діяльність посівів визначалася не лише розмірами листкової поверхні, а й її функціональною ефективністю. Максимальна площа листкової поверхні формувалася за сівби 10 вересня і досягала 36,9 тис. м²/га, тоді як за раннього строку вона не перевищувала 34,7 тис. м²/га, а за пізнього — 28,9–31,6 тис. м²/га. Найвищий фотосинтетичний потенціал за вегетацію (1645–1690 тис. м²·доб/га) та чисту продуктивність фотосинтезу (4,5–4,7 г/м²·добу) забезпечував строк сівби 10 вересня за норм висіву 0,5–0,7 млн шт./га, що підтверджує оптимальність цього поєднання з позицій використання сонячної радіації.

4. Формування структури врожаю ріпаку озимого, рівень урожайності та показники якості насіння змінювалися взаємопов’язано, однак провідну роль у цьому процесі відігравали строки сівби. У середньому за 2023–2025 рр. найвищу насіннєву продуктивність забезпечив посів 10 вересня за норми висіву 0,7 млн схожих насінин на гектар — 3,04 т/га. За цього варіанта урожайність перевищувала показники раннього строку сівби (20 серпня) на 1,04 т/га, а пізнього (20 вересня) — на 0,08 т/га.

Саме за оптимального строку сівби сформувався і максимальний збір олії, який становив 1,3–1,5 т/га при олійності насіння 45,2–45,6 %. Отримані результати свідчать, що поєднання сівби 10 вересня з нормою висіву 0,7 млн шт./га створює найбільш сприятливі умови для узгодженого розвитку рослин, їх збереженості впродовж вегетації та реалізації продуктивного потенціалу за показниками урожайності й якості насіння.

Матеріали розділу 3 висвітлено в публікаціях [28, 142, 143, 180].

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

4.1 Умови реалізації весняних азотних підживлень ріпаку озимого

Ефективність весняних азотних підживлень ріпаку озимого зумовлюється не лише величиною внесеної дози, а й реальними умовами, у яких ця доза включається в продукційний процес, про це говориться в низці робіт зарубіжних та вітчизняних вчених [156-158]. Вирішальне значення при цьому мають гідротермічні умови весняного періоду вегетації, оскільки саме вони визначають інтенсивність відновлення ростових процесів, активність кореневої системи та фактичну здатність рослин засвоювати елементи мінерального живлення [159].

Весняна температура повітря визначає темпи фізіологічної активності рослин і швидкість включення азоту в метаболічні процеси, тоді як вологозабезпеченість ґрунту обмежує або, навпаки, сприяє його надходженню до кореневої системи. За достатнього зволоження дія азотних підживлень реалізується повніше й рівномірніше, тоді як у посушливих умовах навіть оптимальні дози азоту не забезпечують очікуваного приросту продуктивності через зниження коефіцієнта використання поживних речовин [160, 161].

У зв’язку з цим одна й та сама система азотного живлення в різні роки може забезпечувати істотно відмінний ефект, що зумовлено варіабельністю погодних умов весняного періоду. Саме тому аналіз результатів дії азотних підживлень доцільно розглядати у поєднанні з характеристикою температурного режиму та вологозабезпеченості, які визначають реальні умови реалізації потенціалу удобрення. Узагальнену характеристику гідротермічних умов весняної вегетації ріпаку озимого за роками досліджень наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Погодні умови весняного періоду вегетації ріпаку озимого (березень–травень) в роки досліджень

Рік	Середня температура повітря, °С	Сума опадів, мм	ГТК*
2023	10,8	118	1,02
2024	11,6	82	0,74
2025	12,4	46	0,41
Середнє	11,6	82	0,72

Примітка* ГТК — гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим (березень–травень).

Дані, наведені в таблиці 4.1, відображають чітку контрастність погодних умов весняного періоду в роки проведення досліджень, що зумовило формування різних агрометеорологічних фонів для реалізації дії азотних підживлень ріпаку озимого. Зокрема, весна 2023 року відзначалася помірним температурним режимом (10,8 °С) у поєднанні з достатнім зволоженням (118 мм опадів), що забезпечило значення гідротермічного коефіцієнта на рівні 1,02. За таких умов створювалися близькі до оптимальних передумови для активізації мінералізаційних процесів у ґрунті, ефективнішого засвоєння азоту та узгодженого формування вегетативної й генеративної маси рослин.

У 2024 році середня температура весняного періоду зросла до 11,6 °С, однак сума опадів зменшилася до 82 мм, що зумовило зниження ГТК до 0,74. За таких умов дія азотних добрив реалізовувалася менш повно, оскільки підвищений тепловий фон поєднувався з помірним дефіцитом вологи. Це обмежувало доступність ґрунтової вологи для транспорту поживних елементів і частково стримувало інтенсивність ростових процесів у критичні фази весняного розвитку ріпаку озимого.

Найбільш несприятливі умови сформувалися навесні 2025 року, коли середня температура досягала 12,4 °С на фоні різко зниженої кількості опадів (46 мм). Значення ГТК 0,41 свідчить про виражену весняну посуху, за якої

ефективність азотних підживлень істотно зменшується через обмежене водозабезпечення рослин і зниження коефіцієнта використання азоту. У таких умовах навіть підвищені дози азотних добрив не могли повною мірою реалізувати свій продуктивний потенціал.

Узагальнені середні показники за три роки (11,6 °С, 82 мм, ГТК 0,72) відображають загальну тенденцію до посушливого весняного періоду в умовах північного Степу України. Отримані дані підтверджують, що погодні умови весни є ключовим модифікуючим фактором дії азотних підживлень і мають обов'язково враховуватися при інтерпретації результатів щодо росту, фотосинтетичної діяльності, формування структури врожаю та насіннєвої продуктивності ріпаку озимого в наступних підрозділах розділу 4.

З огляду на те, що ефективність азотних підживлень визначається не лише сумарними значеннями, а й характером їх розподілу впродовж вегетаційного періоду, доцільним є детальніший аналіз помісячної динаміки температури та опадів, що дозволяє наочно простежити, в яких умовах відбувалася реалізація азотного живлення у кожному з років досліджень (рис. 4.1).

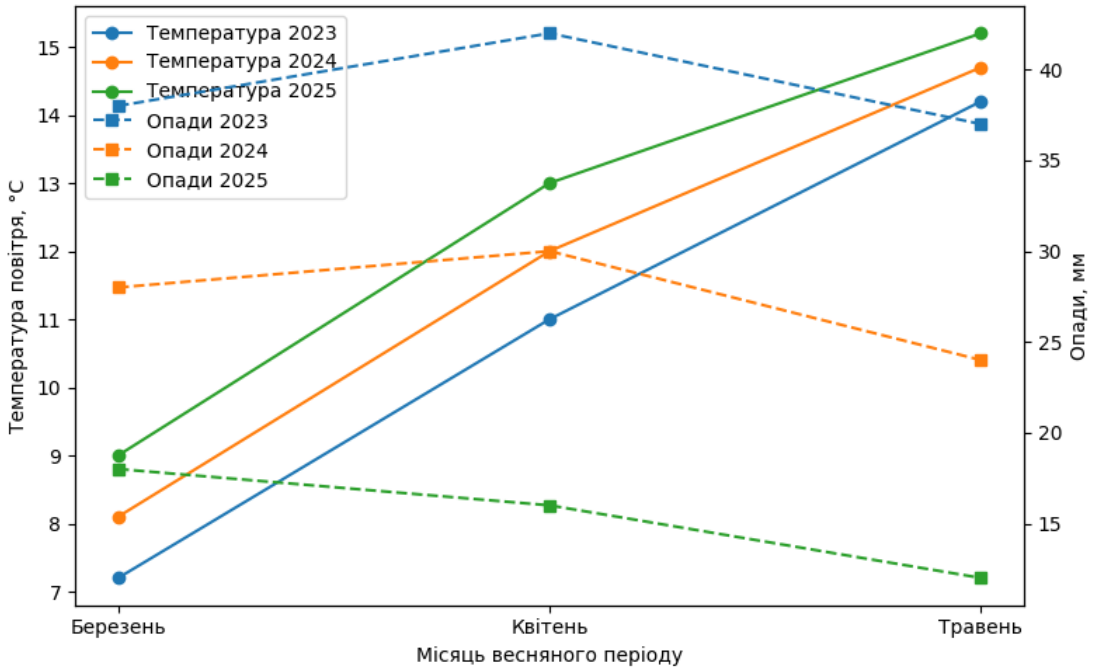


Рис. 4.1. Динаміка температури та опадів у весняний період (березень–травень) в роки досліджень

Поданий рисунок відображає контрастність погодних умов весняного

періоду в роки досліджень і дозволяє простежити загальну тенденцію до зростання температурного фону від 2023 до 2025 року на тлі істотного скорочення кількості опадів. Якщо у 2023 році поєднання тепла й вологи було близьким до оптимального для розвитку ріпаку озимого, то у 2024 році вже проявлялася помірна нестача опадів, а у 2025 році сформувалися умови підвищених температур за вираженого дефіциту вологи. Саме така послідовна зміна гідротермічних умов зумовила відмінну реалізацію дії весняних азотних підживлень у посівах культури, що в подальшому позначилося на інтенсивності ростових процесів, фотосинтетичній діяльності та рівні продуктивності.

4.2 Ріст і розвиток ріпаку озимого за різних режимів азотного живлення

Ріст і розвиток ріпаку озимого у весняний період залежать не лише від загального рівня забезпечення рослин елементами живлення, а й від строків та умов, за яких ці елементи стають доступними для засвоєння [162, 163]. У цьому контексті азот виконує значно ширшу функцію, ніж просте підвищення урожайності: він визначає перебіг ростових процесів, інтенсивність галуження та особливості закладання генеративних органів, тим самим коригуючи напрям розвитку рослин упродовж весняної вегетації [164].

Після відновлення весняної вегетації ріпак озимий переходить у фазу активного росту, що охоплює стеблування, бутонізацію та цвітіння. Саме в цей період азотне живлення найбільш відчутно позначається на морфогенезі рослин. Забезпеченість азотом визначає темпи подовження стебла, формування бічних пагонів та потенційну кількість генеративних структур, від яких у подальшому залежить структура врожаю. За оптимальних режимів азотного живлення розвиток вегетативних і генеративних органів відбувається узгоджено, що створює передумови для повнішої реалізації продуктивного потенціалу посівів [165, 166].

Водночас підвищені дози азоту не завжди супроводжуються пропорційним зростанням продуктивності. Надлишкове азотне живлення може призводити до

подовження окремих міжфазних періодів, передусім за рахунок затягування вегетативного росту, без відповідного збільшення кількості або маси генеративних органів. У таких умовах інтенсифікація росту не трансформується у приріст урожаю і може супроводжуватися певним дисбалансом між розвитком надземної маси та формуванням репродуктивної сфери [167, 168].

У зв’язку з цим аналіз тривалості міжфазних періодів ріпаку озимого за різних режимів азотного живлення дає змогу оцінити особливості дії азоту на ріст і розвиток рослин у весняний період вегетації та слугує підґрунтям для подальшої інтерпретації показників структури врожаю і продуктивності посівів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Тривалість міжфазних періодів ріпаку озимого залежно від доз азотного живлення, діб (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант азотного живлення	Відновлення весняної вегетації - стеблування	Стеблування - бутонізація	Бутонізація - цвітіння	Цвітіння - повна стиглість	Загальна тривалість весняно-літньої вегетації
Р60К80 – фон (Ф)	18	16	12	34	80
Ф + N60	19	17	13	35	84
Ф + N90	20	18	14	36	88
Ф + N90 + N30	21	19	14	37	91
Ф + N90 + N60	22	20	15	38	95
Ф + N90 + N90	22	20	15	38	95

Дані таблиці 4.2 свідчать, що режим азотного живлення істотно впливає на тривалість міжфазних періодів ріпаку озимого у весняно-літній частині вегетації. При цьому дія азоту проявляється не у різкій зміні темпів розвитку, а у поступовій модифікації тривалості окремих фаз, що в сукупності формує різну загальну тривалість вегетаційного періоду.

За умов фонового фосфорно-калійного живлення без застосування азоту

(P60K80) весняно-літня вегетація тривала в середньому 80 діб. Внесення азоту у дозі N60 сприяло незначному подовженню міжфазних періодів, насамперед у початкових фазах розвитку, що зумовило збільшення загальної тривалості вегетації до 84 діб. Подальше підвищення дози азоту до N90 супроводжувалося більш вираженим ефектом: кожен міжфазний період подовжувався в середньому на 1–2 доби, а загальна тривалість весняно-літньої вегетації зросла до 88 діб.

За дробного внесення азоту (N90+N30 та N90+N60) простежується тенденція до подальшої пролонгації розвитку рослин. Найбільші зміни спостерігалися у фазах відновлення весняної вегетації – стеблування та стеблування – бутонізації, що вказує на активізацію вегетативного росту за підвищеного азотного живлення. У цих варіантах загальна тривалість вегетації досягала відповідно 91 та 95 діб.

Водночас подальше збільшення сумарної дози азоту до N180 (N90+N90) не призводило до додаткового подовження міжфазних періодів порівняно з варіантом N150 (N90+N60). Загальна тривалість весняно-літньої вегетації в обох випадках становила 95 діб, що свідчить про настання фізіологічного плато у реакції ріпаку озимого на підвищення азотного живлення.

Отримані результати підтверджують, що азот діє як регулятор темпів розвитку рослин, подовжуючи окремі фази росту, однак ефект цього подовження має обмежений характер. За помірних і оптимальних доз азоту пролонгація міжфазних періодів може сприяти кращому формуванню генеративних органів, тоді як надмірне азотне живлення подовжує вегетацію без подальшого посилення продукційних процесів. Саме ці закономірності пояснюють відмінності у структурі врожаю та продуктивності ріпаку озимого, розглянуті у наступних відповідних підрозділах.

У весняно-літній період ріст і розвиток ріпаку озимого формуються як узагальнена реакція рослин на поєднання умов живлення та погодного фону, в межах яких реалізується потенціал продукційного процесу. На відміну від окремих фенологічних показників, динаміка росту й накопичення біомаси дає змогу оцінити не лише підсумковий морфологічний стан посівів, а й

інтенсивність перебігу ростових процесів упродовж усього періоду вегетації.

У весняний період азотне живлення є одним із ключових чинників, що визначає темпи наростання вегетативної маси, швидкість подовження стебла та формування просторової архітектоніки рослин. Поєднання показників середньодобових приростів з абсолютними морфометричними параметрами в різні фенологічні фази дозволяє простежити, як різні режими азотних підживлень позначаються на узгодженості росту й розвитку ріпаку озимого.

У зв’язку з цим у таблиці 4.3 наведено узагальнені дані щодо темпів росту рослин, зміни їх висоти в основні фази вегетації та накопичення сухої біомаси за весняно-літній період, що дозволяє комплексно охарактеризувати морфологічні особливості посівів за різних режимів азотного живлення.

Таблиця 4.3

Формування ростових і морфологічних показників ріпаку озимого у весняно-літній період за різних режимів азотного живлення (2023–2025 рр.)

Варіант	Середньодобові прирости рослин		Висота рослин за фазами вегетації, см			Загальна висота рослин за вегетацію, см	Суха біомаса, т/га
	висота, см	біомаса, г	стеблу-вання	бутоні-зація	цвітін-ня		
Р60К80 – фон (Ф)	1,05	0,82	82	108	134	132	6,1
Ф + N60	1,18	0,97	88	116	142	140	7,0
Ф + N90	1,32	1,12	94	124	150	148	7,9
Ф + N90 + N30	1,40	1,20	98	129	155	153	8,4
Ф + N90 + N60	1,48	1,26	102	134	160	158	8,8
Ф + N90 + N90	1,49	1,27	103	135	161	159	8,9

Дані таблиці 4.3 відображають узгоджену динаміку ростових процесів і морфологічного розвитку ріпаку озимого у весняно-літній період залежно від режимів азотного живлення. Отримані результати свідчать, що збільшення доз азоту супроводжується поступовим посиленням як інтенсивності росту рослин, так і накопичення сухої біомаси, що вказує на системний характер дії азотних підживлень.

На фоні мінерального живлення Р60К80 середньодобовий приріст висоти рослин становив 1,05 см, а приріст сухої біомаси — 0,82 г/добу. За таких умов формувався порівняно стриманий темп росту, що відображалося у нижчих показниках висоти рослин у фазу стеблування (82 см), бутонізації (108 см) та цвітіння (134 см), а також у найменшому накопиченні сухої біомаси за вегетацію — 6,1 т/га.

Внесення азотних підживлень у дозі N60 зумовлювало помірне посилення ростових процесів ріпаку озимого. За цих умов середньодобовий приріст висоти рослин досягав 1,18 см, а приріст біомаси — 0,97 г/добу, що супроводжувалося підвищенням висоти рослин у всіх фенологічних фазах і збільшенням накопичення сухої біомаси до 7,0 т/га. Показово, що така реакція рослин на додаткове азотне живлення відбувалася без порушення балансу між вегетативним ростом і формуванням генеративних органів.

Подальше підвищення азотного навантаження (Ф + N90 та дробні підживлення N90 + N30) зумовлювало інтенсифікацію росту. Середньодобові прирости висоти досягали 1,32–1,40 см, а біомаси — 1,12–1,20 г/добу. Відповідно формувались вищі рослини у фазу цвітіння (150–155 см) та зростала загальна висота за вегетацію до 148–153 см, що супроводжувалося накопиченням 7,9–8,4 т/га сухої біомаси. Такі значення вказують на активізацію асиміляційних процесів і підвищення потенціалу формування продуктивних органів.

Максимальні показники росту спостерігалися за застосування підвищених сумарних доз азоту (Ф + N90 + N60 та Ф + N90 + N90), де середньодобові прирости висоти досягали 1,48–1,49 см, а біомаси — 1,26–1,27 г/добу. Водночас приріст загальної висоти рослин і накопичення сухої біомаси за вегетацію на цих варіантах був незначно вищим порівняно з попередніми дозами, що свідчить про поступове наближення ростових процесів до біологічної межі реалізації та зменшення ефективності подальшого нарощування азотного живлення.

Отримані результати вказують, що роль азотного живлення не обмежується прискоренням росту ріпаку озимого, а поширюється й на формування морфологічної структури рослин, зокрема на їх висоту в ключові

фази розвитку та сумарне накопичення біомаси за вегетацію.

З метою узагальнення отриманих даних і наочного відображення реакції рослин на зростання доз азоту наведено графічну інтерпретацію зазначених показників (рис. 4.2).

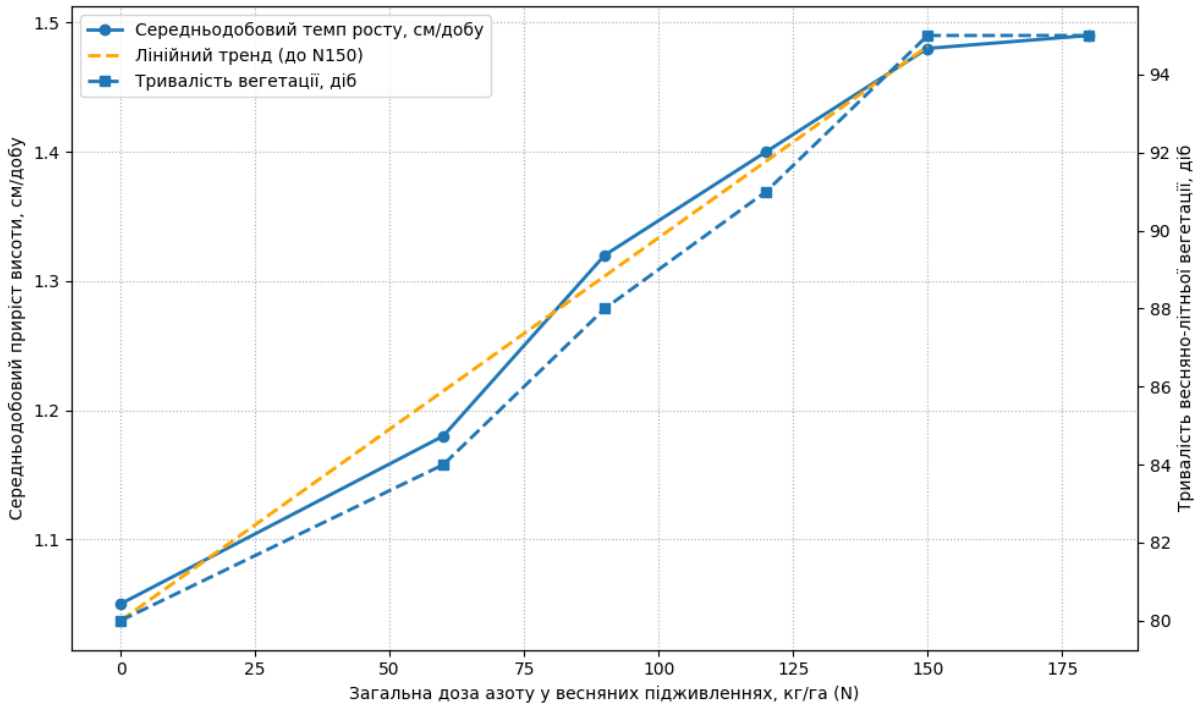


Рис. 4.2. Вплив доз азотного живлення на темпи росту та тривалість весняно-літньої вегетації ріпаку озимого

З наведеного на рисунку 4.2 видно, що зі збільшенням сумарної дози азотного живлення у весняних підживленнях відбувається поступове зростання середньодобового темпу росту рослин ріпаку озимого. Найбільш інтенсивне підвищення цього показника спостерігається в інтервалі від фону до рівня N120–150, що узгоджується з даними табл. 4.3 та відображає активізацію ростових процесів у фазах стеблування та бутонізації.

Подальше нарощування доз азоту супроводжується уповільненням приросту темпу росту, внаслідок чого формується виражена тенденція до його стабілізації. Це свідчить про досягнення фізіологічної межі реакції рослин на азот у межах досліджуваних умов, за якої додаткове надходження елемента не призводить до пропорційного посилення ростових процесів.

Одночасно зі зміною темпів росту простежується подовження загальної

тривалості весняно-літньої вегетації ріпаку озимого зі зростанням доз азоту. Однак після досягнення рівня N150 ця тенденція також набуває характеру стабілізації, що вказує на пролонгацію окремих міжфазних періодів без істотної інтенсифікації росту. Таким чином, за високих доз азоту відбувається зсув балансу у бік подовження вегетаційного періоду, тоді як потенціал прискорення росту вичерпується.

4.3 Формування асиміляційного апарату як механізм реалізації продуктивності

Формування врожайності ріпаку озимого за умов весняного азотного живлення не обмежується простим наростанням біомаси або подовженням тривалості вегетації. Як зазначають Коломієць М., Лагуш Н., Гуринович С. та ін., вирішальну роль у трансформації азотного забезпечення в кінцеву продуктивність відіграє стан і функціонування асиміляційного апарату посівів [168, 169]. Саме підтримання активної листкової поверхні визначає, наскільки повно азот залучається до продукційного процесу і забезпечує фотосинтетичне живлення генеративних органів, повідомляє Логінова І.В. [170].

У весняно-літній період ріпак озимий формує інтенсивну листкову масу, яка є основним джерелом асимілятів для закладання і наливу стручків та насіння. За цих умов, за словами Логінової І. та Смик С., рівень азотного живлення впливає не лише на розміри листкової поверхні, а й на тривалість її активного функціонування у критичні фази розвитку — від стеблування до цвітіння [171]. За оптимальних доз азоту формується стабільний асиміляційний апарат, здатний підтримувати високий фотосинтетичний потенціал у період максимальних потреб культури.

Водночас, за даними Абрамика М.І., Лис Н.М., Маркова І.С., ефект азотного живлення не зводиться до механічного збільшення площі листків [172, 175]. Надмірні дози азоту можуть супроводжуватися зниженням ефективності використання асиміляційної поверхні, що проявляється у дисбалансі між наростанням вегетативної маси та реальними потребами генеративних органів. Тому для інтерпретації продуктивності важливе значення має не абстрактний

“оптимум” площі листкової поверхні, а фактична динаміка формування асиміляційного апарату за конкретних режимів азотного живлення [173, 174].

У зв’язку з цим подальший аналіз спрямований на оцінку площі асиміляційної поверхні ріпаку озимого у ключові фази розвитку як одного з базових механізмів реалізації впливу азотних підживлень на продуктивність посівів (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Площа асиміляційної поверхні ріпаку озимого у ключові фази розвитку залежно від режимів азотного живлення, тис. м²/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант досліду	Фази розвитку ріпаку озимого			Максимальна площа асиміляційної поверхні
	Стеблування	Бутонізація	Цвітіння	
Р60К80 – фон (Ф)	22,4 ± 0,8^{c}	31,6 ± 1,1^{c}	34,2 ± 1,2^{c}	34,2 ± 1,2^{c}
Ф + N60	25,8 ± 0,9^{b}	36,9 ± 1,3^{b}	40,1 ± 1,4^{b}	40,1 ± 1,4^{b}
Ф + N90	29,6 ± 1,0^{b}	42,8 ± 1,5^{b}	46,5 ± 1,6^{b}	46,5 ± 1,6^{b}
Ф + N90 + N30	32,4 ± 1,1^{a}	47,6 ± 1,6^{a}	51,2 ± 1,7^{a}	51,2 ± 1,7^{a}
Ф + N90 + N60	35,1 ± 1,2^{a}	51,3 ± 1,7^{a}	55,0 ± 1,8^{a}	55,0 ± 1,8^{a}
Ф + N90 + N90	35,4 ± 1,2^{a}	51,7 ± 1,8^{a}	55,3 ± 1,9^{a}	55,3 ± 1,9^{a}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Площа асиміляційної поверхні ріпаку озимого у весняно-літній період чітко реагувала на рівень азотного живлення та змінювалася відповідно до фази розвитку рослин. Уже на етапі стеблування простежується послідовне зростання площі листкової поверхні зі збільшенням дози азоту: від 22,4 тис. м²/га на фоні Р60К80 до 35,1–35,4 тис. м²/га за внесення сумарних доз N150–N180. Це свідчить про активізацію ростових процесів і формування потужнішого асиміляційного апарату за оптимального азотного забезпечення.

У фазі бутонізації різниця між варіантами стає ще більш вираженою. На фоні без азотного підживлення площа асиміляційної поверхні становила лише 31,6 тис. м²/га, тоді як за внесення N90 вона зростала до 42,8 тис. м²/га, а за

комбінованих режимів (N90+N30 і N90+N60) — до 47,6–51,3 тис. м²/га. Саме на цій фазі азот проявляє себе як ключовий фактор, що підтримує інтенсивне наростання листкової маси та створює умови для формування генеративних органів.

Максимальні значення площі асиміляційної поверхні спостерігалися у фазі цвітіння, що є закономірним для ріпаку озимого. За фоном P60K80 вони не перевищували 34,2 тис. м²/га, тоді як у варіантах з азотним підживленням досягали 40,1–55,3 тис. м²/га. Найвищі показники зафіксовано при внесенні N150–N180, однак різниця між цими дозами була мінімальною. Це вказує на досягнення фізіологічного плато, коли подальше збільшення азотного живлення не супроводжується суттєвим розширенням асиміляційної поверхні.

Отримані результати свідчать, що підвищення азотного фону до рівня N150 є достатнім для формування оптимального листкового апарату ріпаку озимого, тоді як подальше збільшення дози азоту не забезпечує істотного посилення цього ефекту. Саме за такого рівня азотного живлення створюються найсприятливіші умови для повної реалізації фотосинтетичного потенціалу посівів у критичні фази розвитку культури.

Математична обробка даних підтверджує достовірність виявлених закономірностей. Літерні індекси в межах кожної фази розвитку свідчать про статистично значущі відмінності між варіантами за рівня $P \leq 0,05$. Варіанти з внесенням азоту чітко відокремлюються від фону P60K80, що підтверджує визначальну роль азотного живлення у формуванні асиміляційного апарату.

Водночас відсутність достовірних відмінностей між варіантами N150 і N180 у фазах бутонізації та цвітіння статистично обґрунтовує настання плато ефективності азоту. Це дозволяє зробити висновок, що подальше підвищення доз азотних добрив не забезпечує пропорційного зростання площі листкової поверхні і є біологічно та агрономічно малоефективним.

Формування врожайності ріпаку озимого в умовах весняного азотного живлення реалізується не лише через зміну морфологічних ознак рослин, а й через функціональний стан асиміляційного апарату. Саме фотосинтетичний

потенціал посівів та ефективність використання листкової поверхні в часі визначають можливість трансформації надходжень азоту у суху речовину та генеративну продуктивність. У цьому зв'язку оцінка фотосинтетичного потенціалу за ключовими міжфазними періодами та чистої продуктивності фотосинтезу за вегетацію дозволяє простежити механізм дії різних режимів азотного живлення на продукційний процес ріпаку озимого (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу ріпаку озимого залежно від режимів азотного живлення (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фотосинтетичний потенціал, тис. м²·доб/га за періодами			Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м²·добу за вегетацію
	весна-бутонізація	бутонізація - цвітіння	за вегетацію	
P60K80 – фон (Ф)	395 ± 14^{c}	710 ± 26^{c}	1480 ± 42^{c}	3,8 ± 0,11^{c}
Ф + N60	420 ± 15^{b}	760 ± 28^{b}	1585 ± 45^{b}	4,1 ± 0,12^{b}
Ф + N90	445 ± 16^{b}	805 ± 30^{b}	1670 ± 48^{b}	4,4 ± 0,13^{b}
Ф + N90 + N30	470 ± 17^{a}	845 ± 32^{a}	1745 ± 50^{a}	4,6 ± 0,14^{a}
Ф + N90 + N60	485 ± 18^{a}	860 ± 33^{a}	1780 ± 52^{a}	4,6 ± 0,14^{a}
Ф + N90 + N90	490 ± 18^{a}	865 ± 34^{a}	1790 ± 53^{a}	4,5 ± 0,13^{a}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Наведені в таблиці дані свідчать, що підвищення рівня азотного живлення супроводжується послідовним зростанням фотосинтетичного потенціалу посівів ріпаку озимого в обох досліджуваних міжфазних періодах — від відновлення весняної вегетації до бутонізації та від бутонізації до цвітіння. На фоні P60K80 без внесення азоту сумарний фотосинтетичний потенціал за вегетацію становив у середньому 1480 тис. м²·доб/га, що відображає обмежені можливості асиміляційного апарату за дефіциту азоту.

Внесення азоту в дозі N60 сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу за вегетацію на 105 тис. м²·доб/га, або на 7,1 %, порівняно з фоном, що зумовлено як розширенням листкової поверхні, так і її стабільнішим

функціонуванням у весняний період. Подальше підвищення дози азоту до N90 забезпечувало додатковий приріст фотосинтетичного потенціалу до 1670 тис. м²·доб/га, що свідчить про активізацію фотосинтетичної діяльності посівів у критичні фази органогенезу.

Найвищі значення фотосинтетичного потенціалу за вегетацію сформувалися у варіантах із дробовим внесенням азоту (N90+N30, N90+N60 та N90+N90), де цей показник коливався в межах 1745–1790 тис. м²·доб/га. Водночас різниця між цими варіантами була незначною, що вказує на досягнення функціонального плато асиміляційного апарату за загальних доз азоту понад 120–150 кг/га.

Аналогічна закономірність простежувалася і щодо чистої продуктивності фотосинтезу. На фоні без азоту ЧПФ становила 3,8 г/м²·добу, тоді як внесення N60 та N90 підвищувало її відповідно до 4,1 та 4,4 г/м²·добу. Максимальні значення ЧПФ (4,5–4,6 г/м²·добу) зафіксовано у варіантах із дробовими підживленнями, що свідчить не лише про збільшення листкової поверхні, а й про підвищення її фізіологічної ефективності.

Важливо відзначити, що подальше зростання загальної дози азоту до N180 (N90+N90) не супроводжувалося істотним підвищенням ні фотосинтетичного потенціалу, ні чистої продуктивності фотосинтезу, що підтверджує обмеженість реакції асиміляційного апарату на надлишкове азотне живлення.

Літерні індекси в таблиці засвідчують наявність статистично достовірних відмінностей між варіантами азотного живлення. Варіант без азоту (фон P60K80) достовірно поступався всім варіантам із внесенням азоту як за фотосинтетичним потенціалом упродовж вегетації, так і за чистою продуктивністю фотосинтезу. Водночас варіанти з дозами N90+N30, N90+N60 та N90+N90 утворили єдину статистичну групу, що підтверджує відсутність суттєвих відмінностей між ними та свідчить про досягнення оптимального рівня реалізації асиміляційного потенціалу посівів.

Отже, результати математичної обробки підтверджують, що ефективність азотного живлення ріпаку озимого реалізується через оптимізацію

фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу. Максимальний їх прояв досягається за помірних і дробових доз азоту, тоді як подальше зростання азотного навантаження не посилює фотосинтетичну діяльність посівів (рис. 4.3).

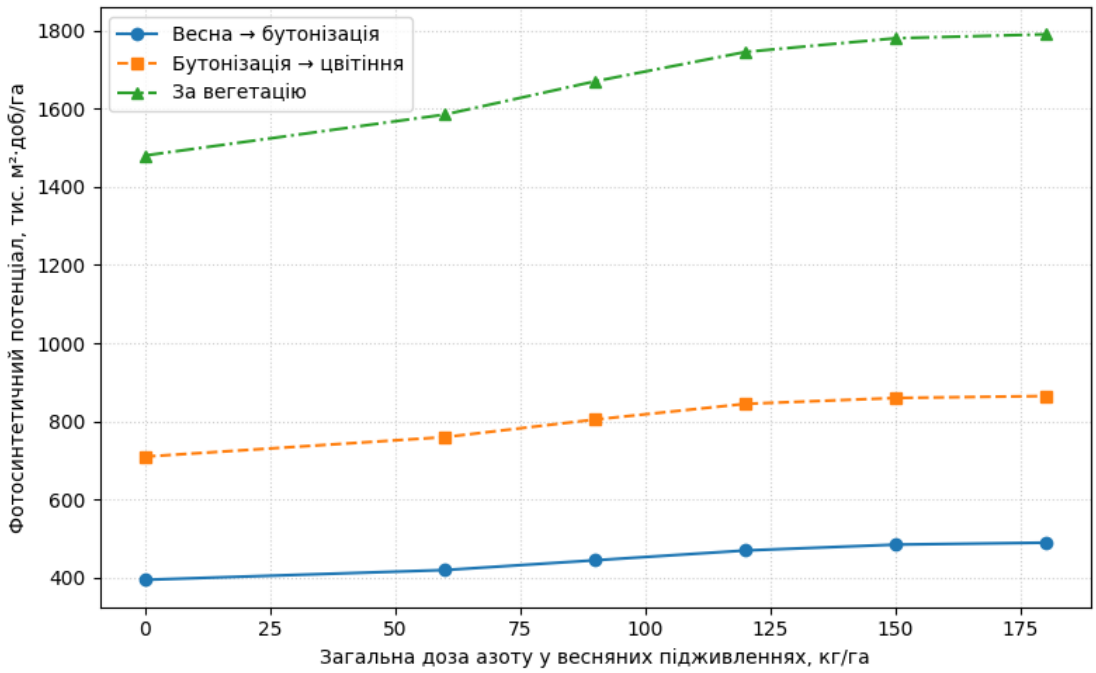


Рис. 4.3. Залежність фотосинтетичного потенціалу ріпаку озимого від доз азотного живлення у різні періоди весняно-літньої вегетації

Рисунок 4.3 ілюструє залежність фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу посівів ріпаку озимого від рівня азотного живлення у весняно-літній період вегетації.

У міру переходу від фонового варіанта до помірних і дробових доз азоту обидва показники послідовно зростали, що вказує на активізацію фотосинтетичної діяльності посівів за кращого азотного забезпечення.

Найбільш інтенсивне наростання фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу відмічено при переході від фонового варіанта до режимів із сумарною дозою азоту N90–N120, що відповідає фазі активного розвитку листкового апарату та максимального залучення асиміляційної поверхні у формування органічної речовини.

Подальше нарощування азотного навантаження супроводжувалося

уповільненням приросту зазначених показників і їх поступовою стабілізацією. Це вказує на обмежені можливості додаткового залучення фотосинтетичного апарату до продукційних процесів за умов надлишкового азотного живлення.

Таким чином, наведений рисунок наочно підтверджує, що оптимізація фотосинтетичної діяльності ріпаку озимого досягається не за максимальних, а за помірних і раціонально розподілених доз азоту, що забезпечують збалансований розвиток асиміляційного апарату без надмірної пролонгації вегетативних процесів.

4.4 Формування структури врожаю, урожайності та якості насіння ріпаку озимого за різних режимів азотного живлення

Формування врожаю ріпаку озимого, за даними Мацери О.О., відбувається як результат послідовного перебігу морфогенетичних процесів, у межах яких азот виконує не лише функцію основного елемента мінерального живлення, а й виступає регулятором просторової організації рослин [176]. Саме на етапі формування структури врожаю, за словами Пророченко Т.І., фізіолого-біохімічна дія азотного живлення трансформується у кількісно виражені показники продуктивності, що зумовлюють рівень урожайності та якісні характеристики насіння [177]. У такому розумінні структура врожаю є інтегральним показником, який відображає сукупний вплив умов живлення, погодних факторів та генетичних особливостей гібриду.

На відміну від ранніх етапів онтогенезу, де азот переважно визначає інтенсивність ростових процесів і формування асиміляційного апарату, у генеративний період його дія спрямовується на реалізацію потенціалу галуження, диференціацію бічних пагонів і закладання генеративних органів. Саме кількість і продуктивність бічних гілок розглядаються як головний канал впливу азотного живлення на формування врожаю ріпаку озимого. Водночас такі елементи структури, як кількість насінин у стручку та маса 1000 насінин, за даними більшості авторів, відзначаються відносною стабільністю та меншою чутливістю до коливань азотного фону, виконуючи переважно компенсаторну

роль у системі формування врожаю [176, 178].

Реалізація ефекту азотного живлення істотно залежала від погодних умов весняно-літнього періоду. За даними агрометеорологічних спостережень, у 2023 році відносно сприятливе зволоження забезпечило більш повне використання потенціалу азотних підживлень. Натомість у 2024 році, а особливо у 2025 році, поєднання дефіциту ґрунтової вологи з підвищеним температурним фоном обмежувало ефективність високих доз азоту, що відобразилося на формуванні структурних елементів урожаю.

У зв'язку з цим аналіз елементів структури врожаю ріпаку озимого за різних режимів азотного живлення дозволяє простежити, через які саме морфологічні компоненти формується врожай, а також встановити межу доцільності нарощування азотного навантаження (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Вплив режимів азотного живлення на формування елементів структури врожаю ріпаку озимого (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант досліду	Кількість стручків, шт.			Кількість насінин у стручку	Маса 1000 насінин, г
	головний пагін	бічні гілки	разом на рослині		
$P_{60}K_{80}$ – фон (Ф)	$59 \pm 2{,}1^{a}$	$104 \pm 3{,}8^{a}$	$163 \pm 5{,}4^{a}$	$24{,}7 \pm 0{,}6^{a}$	$4{,}73 \pm 0{,}09^{a}$
$Ф+N_{60}$	$63 \pm 2{,}3^{a}$	$135 \pm 4{,}6^{b}$	$198 \pm 6{,}1^{b}$	$26{,}6 \pm 0{,}7^{b}$	$4{,}81 \pm 0{,}10^{a}$
$Ф+N_{90}$	$46 \pm 1{,}8^{b}$	$155 \pm 5{,}1^{b}$	$201 \pm 6{,}4^{b}$	$27{,}3 \pm 0{,}7^{b}$	$4{,}89 \pm 0{,}10^{a}$
$Ф+N_{90}+ N_{30}$	$37 \pm 1{,}6^{c}$	$168 \pm 5{,}5^{c}$	$205 \pm 6{,}7^{b}$	$28{,}2 \pm 0{,}8^{c}$	$5{,}03 \pm 0{,}11^{b}$
$Ф+N_{90}+ N_{60}$	$38 \pm 1{,}7^{c}$	$177 \pm 5{,}9^{d}$	$215 \pm 7{,}1^{c}$	$29{,}8 \pm 0{,}8^{d}$	$5{,}13 \pm 0{,}12^{b}$
$Ф+N_{90}+ N_{90}$	$37 \pm 1{,}6^{c}$	$179 \pm 6{,}0^{d}$	$216 \pm 7{,}2^{c}$	$30{,}9 \pm 0{,}9^{d}$	$5{,}11 \pm 0{,}12^{b}$

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0{,}05$.

Наведені в таблиці 4.6 дані свідчать, що азотне живлення суттєво модифікує структуру врожаю ріпаку озимого, проте його вплив реалізується нерівномірно за окремими елементами. Головним каналом дії азоту є формування бічних гілок і, відповідно, кількості стручків на них, тоді як внесок головного пагона та показники індивідуальної продуктивності насінини мають

вторинний і більш стабільний характер.

Кількість стручків на головному пагоні за варіантами досліду змінювалася у відносно вузькому діапазоні, однак чітко простежується тенденція до її зниження зі зростанням доз азоту. Так, на фоні P60K80 кількість стручків на головному пагоні становила 59 шт., тоді як за внесення високих і дробових доз азоту вона зменшувалася до 37–38 шт. Це свідчить про перерозподіл продуктивного потенціалу рослини від центральної осі до бічних пагонів, що є характерною реакцією ріпаку озимого на покращене азотне живлення у весняний період.

Натомість кількість стручків на бічних гілках зростала істотно і послідовно зі збільшенням азотного навантаження. У порівнянні з фоновим варіантом (104 шт.) внесення N60 забезпечувало приріст до 135 шт., а подальше підвищення дози азоту — до 168–179 шт. на рослину. Саме цей показник визначив основний приріст загальної кількості стручків, яка зросла з 163 шт. на фоні до 215–216 шт. за максимальних і дробових доз азоту. Таким чином, азот сприяв реалізації потенціалу галуження, що узгоджується з біологічною природою культури та результатами попередніх досліджень.

Аналіз кількості насінин у стручку показує значно меншу варіабельність цього показника порівняно з кількістю стручків. У середньому за роки досліджень вона зростала з 24,7 шт. на фоні до 30,9 шт. за максимальних доз азоту. Водночас приріст був поступовим і менш вираженим, що підтверджує стабільність цього елемента структури врожаю та його обмежену чутливість до змін режиму азотного живлення. Подібний характер реакції свідчить про переважно компенсаторну роль цього показника у формуванні врожаю.

Маса 1000 насінин змінювалася у ще вужчому діапазоні — від 4,73 до 5,13 г. Хоча статистично істотне зростання маси насіння спостерігалося за підвищених і дробових доз азоту, абсолютні відмінності між варіантами залишалися помірними. Це вказує на те, що індивідуальна маса насінини меншою мірою залежить від рівня азотного живлення і значною мірою визначається погодними умовами періоду наливу насіння, зокрема

забезпеченістю вологою у червні.

Виявлені закономірності доцільно інтерпретувати з урахуванням погодних умов років досліджень. Зокрема, у 2023 році за відносно кращого зволоження весняно-літнього періоду ефект азотного живлення проявлявся повніше, що сприяло формуванню більшої кількості продуктивних бічних пагонів. У 2024 році, за помірної посухи, приріст структури врожаю був дещо обмежений, однак загальні тенденції зберігалися. У надзвичайно посушливому 2025 році ефект підвищених доз азоту проявлявся переважно у збільшенні кількості стручків, тоді як показники насіннєвої продуктивності окремого стручка і маси насіння зазнавали більшого впливу гідротермічних умов. Це підтверджує, що структура врожаю формується під спільною дією азотного живлення та погодних факторів, а ефект добрив реалізується насамперед через архітектоніку рослин.

Результати дисперсійного аналізу свідчать про наявність статистично достовірного впливу режимів азотного живлення на всі досліджувані елементи структури врожаю ($P \leq 0,05$). Найвищу чутливість до змін азотного фону виявлено для кількості стручків на бічних гілках і загальної кількості стручків на рослині, де відмінності між варіантами формують чіткі статистичні групи. Для кількості насінин у стручку та маси 1000 насінин відмінності між варіантами були менш вираженими, що підтверджується меншою кількістю статистично відокремлених груп і свідчить про стабільніший характер цих показників.

Отримані результати свідчать, що азотне живлення впливає на формування структури врожаю ріпаку озимого передусім через стимулювання галуження та збільшення кількості стручків, тоді як індивідуальна продуктивність насіння змінюється значно меншою мірою і в більшій залежності визначається погодними умовами року.

Сформовані елементи структури врожаю є безпосередньою морфологічною основою реалізації насіннєвої продуктивності ріпаку озимого. Саме через їх поєднання — кількість стручків на рослині, насінин у стручку та масу насіння — потенціал ростових і фотосинтетичних процесів трансформується у фактичний рівень урожайності [179]. Тому аналіз урожаю

доцільно розглядати не ізольовано, а як підсумковий результат структурних змін, сформованих під впливом агротехнічних чинників упродовж вегетації [180].

У контексті азотного живлення урожайність відображає ступінь узгодженості між інтенсивністю росту, галуженням і забезпеченням генеративних органів асимілятами в різні за умовами роки. За сприятливішого поєднання температурного режиму та вологозабезпечення підвищення структурних показників, насамперед кількості стручків на бічних гілках, закономірно супроводжується зростанням урожайності [181]. Натомість за обмежувальних погодних умов частина структурних переваг може реалізовуватися неповною мірою, що зумовлює необхідність комплексної інтерпретації врожайних показників з урахуванням як агротехнічних, так і метеорологічних факторів [182].

З огляду на це подальший аналіз урожайності насіння ріпаку озимого дозволяє оцінити, наскільки сформована структура врожаю за різних режимів азотного живлення трансформується у кількісний результат, а також встановити оптимальні параметри азотного навантаження з позицій стабільності та ефективності продукційного процесу (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Вплив азотного живлення на урожайність ріпаку озимого, т/га

Варіант досліду	Урожайність, т/га				Прибавка до фону	
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє	т/га	%
$P_{60}K_{80}$ – фон (Ф)	$2,89^{a}$	$2,46^{a}$	$2,06^{a}$	$2,47^{a}$	-	-
Ф+N_{60}	$3,86^{b}$	$3,10^{b}$	$2,37^{a}$	$3,11^{b}$	0,64	25,9
Ф+N_{90}	$4,57^{c}$	$3,62^{c}$	$2,67^{ab}$	$3,62^{c}$	1,15	46,6
Ф+N_{90}+ N_{30}	$5,01^{c}$	$3,90^{c}$	$2,82^{b}$	$3,91^{d}$	1,44	58,3
Ф+N_{90}+ N_{60}	$5,18^{cd}$	$4,18^{d}$	$3,15^{b}$	$4,17^{d}$	1,70	68,8
Ф+N_{90}+ N_{90}	$5,28^{cd}$	$4,20^{d}$	$3,12^{b}$	$4,20^{d}$	1,73	70,0
$НІР_{05}$	0,6	0,5	0,4	-	-	-

Дані табл. 4.7 свідчать, що урожайність ріпаку озимого істотно залежала

як від режимів азотного живлення, так і від погодних умов років досліджень, які визначали ступінь реалізації дії азоту. На фоні мінерального живлення без азотних підживлень урожайність культури коливалася від 2,06 т/га у найбільш посушливому 2025 році до 2,89 т/га у 2023 році, який характеризувався відносно сприятливішими умовами зволоження весняного періоду. Наведені дані вказують на обмежений базовий продуктивний потенціал ріпаку озимого за дефіциту доступного азоту, особливо за поєднання підвищеного температурного режиму з нестачею опадів.

Внесення азотних підживлень у всі роки досліджень забезпечувало помітне зростання урожайності, однак величина й характер цього приросту суттєво залежали від гідротермічних умов весняного періоду. Найбільш виражену реакцію культури на азот зафіксовано у 2023 році, який відзначався вищою сумою опадів і відносно помірним температурним фоном. За таких умов урожайність у варіантах із підвищеними та дробними дозами азоту досягала 5,01–5,28 т/га, що майже вдвічі перевищувало рівень контролю. Це свідчить про повнішу реалізацію дії азоту через підтримання активного асиміляційного апарату, формування розгалуженої архітектоніки рослин і збереження генеративних органів, що узгоджується з результатами аналізу фотосинтетичного потенціалу та структури врожаю.

У 2024 році, за умов помірної весняної посухи, абсолютні показники урожайності були нижчими, ніж у 2023 році, однак загальна закономірність дії азотного живлення збереглася. Перехід від фонового варіанта до режимів із підвищеними дозами азоту супроводжувався послідовним зростанням урожайності з 2,46 до 4,20 т/га, що підтверджує збереження регулюючої ролі азоту навіть за певного обмеження вологозабезпечення, хоча потенціал його реалізації в цих умовах був нижчим, ніж у більш зволожений рік.

Найбільш показовим з точки зору взаємодії азоту з погодними умовами є 2025 рік, який відзначався різким дефіцитом опадів і підвищеним температурним фоном. У цих умовах урожайність ріпаку озимого істотно знизилася у всіх варіантах досліду, а ефективність помірних доз азоту була обмеженою. Так,

варіант Ф+N60 не забезпечив статистично достовірної прибавки врожайності порівняно з контролем, що підтверджується однаковими літерними індексами. Водночас застосування підвищених і дробних доз азоту дозволило частково компенсувати негативний вплив посухи, підвищивши урожайність до 3,12–3,15 т/га. Це вказує на те, що за екстремальних умов вологи азот починає виконувати радше стабілізуючу функцію, зменшуючи втрати врожаю, ніж забезпечувати повну реалізацію продуктивного потенціалу культури.

Аналіз середніх за 2023–2025 рр. показників дозволяє узагальнити отримані результати та виявити оптимальні режими азотного живлення. Найвищу середню урожайність забезпечили варіанти Ф+N90+N60 та Ф+N90+N90 — 4,17 і 4,20 т/га відповідно, що на 68,8–70,0 % перевищувало контроль. Водночас різниця між цими варіантами становила лише 0,03 т/га, що свідчить про формування плато продуктивності за надмірного азотного навантаження. Отже, подальше збільшення дози азоту не супроводжувалося пропорційним зростанням урожайності, а біологічна відповідь культури набувала характеру насичення.

Статистична обробка результатів підтвердила достовірність виявлених закономірностей. Значення найменшої істотної різниці ($НІР_{0,05}$), розраховані окремо для кожного року, засвідчують наявність істотних відмінностей між контрольним варіантом і більшістю режимів азотного живлення, насамперед у 2023 та 2024 роках. У 2025 році статистично значущі відмінності встановлено лише між контролем і варіантами з підвищеними та дробними дозами азоту, що вказує на посилення ролі погодних чинників у реалізації дії добрив за екстремальних умов зволоження. Літерні індекси, наведені в таблиці, чітко відображають групування варіантів за рівнем урожайності та дають змогу обґрунтовано виокремити режими з максимальною й оптимальною продуктивністю.

У цілому результати досліджень свідчать, що азотне живлення є потужним чинником формування урожайності ріпаку озимого, однак ефективність його дії визначається поєднанням дози, способу внесення та конкретних гідротермічних

умов року (рис. 4.4). Найвищі врожаї формуються за поєднання оптимального забезпечення азотом і сприятливих умов весняної вегетації, тоді як у посушливі роки навіть високі дози добрив не здатні повністю компенсувати дефіцит вологи, що має принципове значення для подальшої оцінки економічної доцільності застосування інтенсивних режимів азотного живлення.

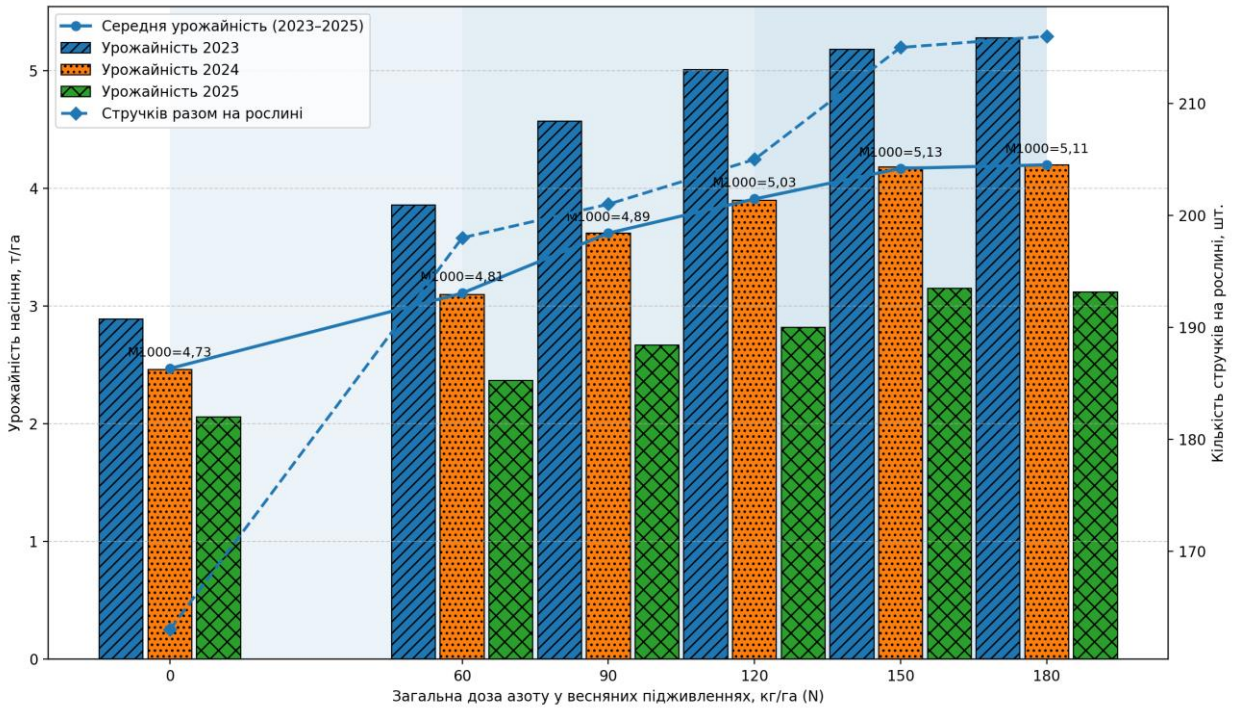


Рис. 4.4 Реалізація урожайності ріпаку озимого через елементи структури врожаю за різних режимів азотного живлення (2023–2025 рр.)

Поданий рисунок наочно демонструє, що зростання урожайності ріпаку озимого за підвищення рівня азотного живлення реалізується насамперед через зміни структури врожаю, передусім за рахунок збільшення кількості стручків на рослині. При цьому приріст урожайності має чітко виражений нелінійний характер: після досягнення певного рівня забезпечення азотом спостерігається уповільнення темпів зростання як структурних показників, так і валового збору насіння, що свідчить про формування плато ефективності.

Водночас стабільність показників маси 1000 насінин і менш виражена варіабельність насінин у стручку підтверджують, що на завершальних етапах формування врожаю дедалі більшого значення набуває не кількість сформованих

органів, а якість наливу насіння та ефективність перерозподілу асимілятів. У зв’язку з цим логічним наступним етапом аналізу є оцінка якісних показників насіння ріпаку озимого, які дозволяють доповнити кількісну характеристику врожайності та глибше розкрити наслідки різних режимів азотного живлення для формування повноцінної товарної продукції (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Якість насіння ріпаку озимого залежно від режимів азотного живлення (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант досліду	Олійність, %	Збір олії, т/га
$P_{60}K_{80}$ – фон (Ф)	47,7 ± 0,3[a]	1,18 ± 0,05[a]
Ф+N_{60}	46,5 ± 0,3[b]	1,45 ± 0,06[a]
Ф+N_{90}	45,8 ± 0,4[c]	1,66 ± 0,07[b]
Ф+N_{90}+ N_{30}	45,3 ± 0,4[c]	1,77 ± 0,08[c]
Ф+N_{90}+ N_{60}	45,0 ± 0,4[c]	1,88 ± 0,08[d]
Ф+N_{90}+ N_{90}	44,8 ± 0,4[d]	1,88 ± 0,08[d]

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$.

Подані в таблиці 4.8 дані свідчать, що якісні показники насіння ріпаку озимого реагують на режими азотного живлення інакше, ніж показники врожайності, демонструючи більш стриманий, але закономірний характер змін. Насамперед це стосується вмісту олії, який у середньому за 2023–2025 рр. мав чітку тенденцію до зниження зі зростанням доз азоту. На фоні без азотного підживлення олійність насіння була максимальною і становила 47,7 %, тоді як за інтенсифікації азотного живлення вона поступово зменшувалася до 44,8 % у варіанті з максимальною сумарною дозою азоту. Виявлені відмінності є статистично істотними, що підтверджує реальність ефекту і його біологічну зумовленість.

Зниження олійності за підвищених доз азоту узгоджується з відомими уявленнями про перерозподіл асимілятів у рослині. За умов інтенсивного азотного живлення пріоритет надається синтезу білкових сполук і формуванню

вегетативної маси, тоді як частка вуглецевих сполук, що акумулюються у вигляді олії в насінні, відносно зменшується. Цей ефект особливо чітко проявився у сприятливому за температурним режимом 2023 році, коли за достатнього зволоження навесні рослини активно реалізували азот, що посилило “розведення” олійності на фоні високої продуктивності. Водночас у посушливому 2025 році зниження олійності було менш контрастним між варіантами, що пояснюється обмеженою реалізацією високих доз азоту через дефіцит вологи у весняно-літній період.

На відміну від відсоткового вмісту олії, збір олії з одиниці площі зростав із підвищенням доз азотного живлення і досягав максимальних значень у варіантах Ф + N90 + N60 та Ф + N90 + N90 (1,88 т/га). Це зростання було зумовлене насамперед істотним підвищенням урожайності насіння, яке перекривало негативний ефект зниження олійності. Таким чином, навіть за менших концентрацій жиру в насінні загальний вихід олії залишався вищим за рахунок збільшення маси врожаю. Особливо виразно ця закономірність проявилася у 2024 році, коли поєднання помірно теплої весни та достатнього зволоження дозволило рослинам сформувати високий урожай за відносно стабільних показників якості.

Статистична обробка результатів підтверджує, що зміни збору олії між варіантами є істотними і мають чітку градацію залежно від рівня азотного навантаження. При цьому варіація показників олійності була значно меншою, ніж варіація врожайності, що свідчить про відносну стабільність цього показника та його більшу залежність від генетичних особливостей гібриду і погодних умов року, ніж від рівня мінерального живлення. У сукупності отримані результати дозволяють зробити висновок, що азотне живлення ріпаку озимого формує якість насіння опосередковано — через зміну співвідношення між врожайністю та олійністю, причому оптимальними з практичної точки зору є режими, які забезпечують максимальний збір олії без надмірного зниження її вмісту в насінні.

Висновки до розділу 4

1. Ефективність весняних азотних підживлень ріпаку озимого визначалася насамперед гідротермічними умовами весняного періоду. За відносно сприятливих умов 2023 року (10,8 °С; 118 мм; ГТК 1,02) дія азоту реалізовувалася повніше, тоді як у 2024 році (ГТК 0,74) її ефективність знижувалася через дефіцит вологи. Найбільш обмежувальним був 2025 рік із вираженою весняною посухою (12,4 °С; 46 мм; ГТК 0,41), за якої навіть підвищені дози азоту забезпечували переважно стабілізацію врожаю, а не повну реалізацію продуктивного потенціалу культури.

2. Азотне живлення регулювало темпи росту і тривалість весняно-літньої вегетації, однак цей ефект мав обмежений характер. Загальна тривалість вегетації зростала з 80 діб на фоні P60K80 до 84–88 діб за внесення N60–N90 і до 91–95 діб за дробних режимів N90+N30 та N90+N60. Подальше підвищення сумарної дози до N180 не призводило до додаткової пролонгації вегетації, що свідчить про досягнення фізіологічного плато у реакції ріпаку озимого на надлишкове азотне живлення.

3. Посилення азотного живлення супроводжувалося інтенсифікацією ростових процесів і накопичення сухої біомаси, однак приріст за високих доз вирівнювався. Середньодобовий приріст висоти збільшувався з 1,05 см на фоні до 1,32–1,40 см за N90–N120 і до 1,48–1,49 см за N150–N180, тоді як накопичення сухої біомаси зростало з 6,1 до 8,8–8,9 т/га. Незначна різниця між варіантами N150 і N180 вказує на наближення ростових процесів до біологічної межі реалізації.

4. Формування насіннєвої продуктивності відбувалося через оптимізацію асиміляційного апарату, а не лише за рахунок збільшення біомаси. Площа асиміляційної поверхні у фазу цвітіння зростала з 34,2 тис. м²/га на фоні до 51,2–55,3 тис. м²/га за дробних режимів, тоді як фотосинтетичний потенціал за вегетацію — з 1480 до 1745–1790 тис. м²·доб/га, а чиста продуктивність фотосинтезу — з 3,8 до 4,5–4,6 г/м²·добу. Відсутність істотних відмінностей між N150 і N180 підтверджує настання плато ефективності азоту на рівні

функціонування фотосинтетичного апарату.

5. Азотне живлення формувало структуру врожаю ріпаку озимого передусім через стимулювання галуження і збільшення кількості стручків на бічних гілках. Загальна кількість стручків на рослині зростала зі 163 шт. на фоні до 215–216 шт. за високих і дробних доз азоту, тоді як кількість стручків на головному пагоні зменшувалася з 59 до 37–38 шт., що відображає перерозподіл продуктивного потенціалу на користь бічних пагонів. Кількість насінин у стручку (24,7–30,9 шт.) і маса 1000 насінин (4,73–5,13 г) змінювалися у значно вужчих межах, виконуючи переважно компенсаторну функцію.

6. Урожайність насіння зростала зі збільшенням доз азоту, проте мала чітко нелінійний характер і формувала плато за високого азотного навантаження. У середньому за 2023–2025 рр. внесення N60 підвищувало урожайність до 3,11 т/га (+25,9 %), N90 — до 3,62 т/га (+46,6 %), а дробні режими — до 3,91–4,20 т/га (+58,3–70,0 %). Максимальні показники отримано за N150–N180 (4,17–4,20 т/га), однак різниця між ними була мінімальною, що свідчить про насичення продуктивної відповіді культури. У посушливому 2025 році ефективними виявилися лише підвищені та дробні дози, які виконували стабілізуючу функцію.

7. Якість насіння реагувала на азотне живлення компенсаторно: зі зростанням доз азоту олійність знижувалася, але збір олії зростав за рахунок підвищення урожайності. Олійність насіння зменшувалася з 47,7 % на фоні до 44,8 % за N180, тоді як збір олії підвищувався з 1,18 до 1,88 т/га і досягав плато за режимів N150–N180. Це свідчить, що з практичної точки зору оптимальними є режими азотного живлення, які забезпечують максимальний збір олії без надмірного зниження її вмісту в насінні та з урахуванням погодних умов року.

Матеріали розділу 4 висвітлено в публікаціях [28, 92, 180].

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОСІННЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ У ФОРМУВАННІ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РІПАКУ ОЗИМОГО

5.1. Погодні умови осінньо-зимового періоду та передумови ефективності рістрегуляції

Ефективність осіннього застосування регуляторів росту у посівах ріпаку озимого істотно модифікується погодними умовами періоду осіннього розвитку та подальшої перезимівлі рослин. За однакової технології вирощування й ідентичних схем обробки реакція культури в різні роки може суттєво відрізнятися, що зумовлено насамперед варіабельністю гідротермічного режиму, тривалістю осінньої вегетації, рівнем вологозабезпечення та характером зимових температур [183-185, 188].

Осінній період є критичним етапом формування морфофізіологічного стану рослин ріпаку озимого, оскільки саме в цей час закладаються параметри архітектоніки розетки, інтенсивність розвитку кореневої системи, положення точки росту та накопичення запасних вуглеводів, що безпосередньо визначає зимостійкість і потенціал відновлення весняної вегетації, про що повідомляють в своїх працях Забарний О.С. та Забарна Т.А. [186]. За дефіциту вологи або підвищеного температурного фону дія рострегуляторів може реалізовуватися інакше, ніж за умов помірно вологих і прохолодних осеней, змінюючи баланс між ретардантним ефектом і стимуляцією адаптивних реакцій рослин.

Зимовий період, за словами Катеринчука І.М., у свою чергу, виступає інтегральним фільтром ефективності осінньої регуляції росту, оскільки поєднання температурного режиму та кількості опадів у формі снігу або дощу визначає ступінь реалізації сформованого восени потенціалу стійкості [187]. У цьому контексті аналіз гідротермічних умов осінньо-зимового періоду за роки

досліджень є необхідною передумовою коректної інтерпретації ефективності рострегуляторів і пояснення міжрічної мінливості їх дії (табл.5.1).

Таблиця 5.1

Ключові гідротермічні показники осінньо-зимового періоду вегетації ріпаку озимого (2022–2025 рр.)

Вегетаційний сезон	Осінь (вересень–листопад)		ГТК осені	Зима (грудень–лютий)	
	середня температура, °С	сума опадів, мм		середня температура, °С	сума опадів, мм
2022–2023	17,8	168	1,12	0,1	110
2023–2024	18,6	112	0,74	0,8	97
2024–2025	18,9	64	0,41	–1,7	58
Середньо-багаторічна норма	15,9	132	0,92	–2,4	89

Подані в таблиці 5.1 дані відображають суттєву контрастність гідротермічних умов осінньо-зимового періоду вегетації ріпаку озимого упродовж 2022–2025 рр., що створювало різні передумови для росту, розвитку та реалізації дії регуляторів росту.

Осінній період 2022–2023 рр. характеризувався відносно сприятливим поєднанням теплового та водного режимів. За середньої температури 17,8 °С і суми опадів 168 мм гідротермічний коефіцієнт осені становив 1,12, що відповідає умовам достатнього зволоження. Такі показники сприяли активному осінньому росту рослин, формуванню розвиненої листкової розетки та накопиченню запасних пластичних речовин, необхідних для успішної перезимівлі.

У 2023–2024 рр. спостерігалося погіршення вологозабезпечення осіннього періоду. Попри підвищення середньої температури до 18,6 °С, сума опадів зменшилася до 112 мм, що зумовило зниження ГТК осені до 0,74. Такі умови відповідають недостатньому зволоженню і могли обмежувати інтенсивність ростових процесів у рослин, водночас підвищуючи їхню чутливість до агротехнічних прийомів, зокрема до застосування регуляторів росту.

Найбільш напружені гідротермічні умови осені склалися у 2024–2025 рр.

За середньої температури 18,9 °С та критично низької суми опадів (64 мм) значення ГТК осені знизилося до 0,41, що свідчить про виражений дефіцит вологи. За таких умов формування повноцінної осінньої морфологічної структури рослин було істотно ускладнене, а ефективність будь-яких регуляторних впливів значною мірою визначалася рівнем адаптивності гібридів і фізіологічним станом рослин.

Зимові умови в роки досліджень також істотно різнилися. У 2022–2023 та 2023–2024 рр. середні температури зимового періоду були близькими до нульових значень (0,1–0,8 °С) і поєднувалися з відносно достатньою кількістю опадів (97–110 мм), що загалом пом’якшувало перебіг перезимівлі ріпаку озимого. За таких умов навіть рослини з помірно сформованим осіннім морфологічним апаратом зберігали задовільний рівень життєздатності.

Натомість у 2024–2025 рр. зимовий період характеризувався нижчою середньою температурою (–1,7 °С) у поєднанні зі зменшеною кількістю опадів (58 мм), що посилювало дію абіотичних стресів. За відсутності достатнього снігового покриву та за недостатньої осінньої підготовки рослин такі умови могли істотно ускладнювати перебіг перезимівлі.

Отже, отримані дані свідчать, що досліджувані вегетаційні сезони суттєво відрізнялися за гідротермічними параметрами, передусім за рівнем осіннього та зимового вологозабезпечення. Це формувало неоднакові стартові умови для росту і розвитку ріпаку озимого та зумовлювало варіабельність реакції рослин на осіннє застосування регуляторів росту.

Для узагальненої оцінки гідротермічних умов осіннього періоду вегетації ріпаку озимого та їх міжрічної варіабельності було побудовано кліматичний профіль сезонів 2022–2023, 2023–2024 і 2024–2025 рр. (рис. 5.1). Такий підхід дозволяє відійти від надмірної деталізації декадних показників і зосередитися на ключових метеорологічних чинниках, що безпосередньо визначають інтенсивність осіннього росту, морфогенез і фізіологічну підготовку рослин до перезимівлі.

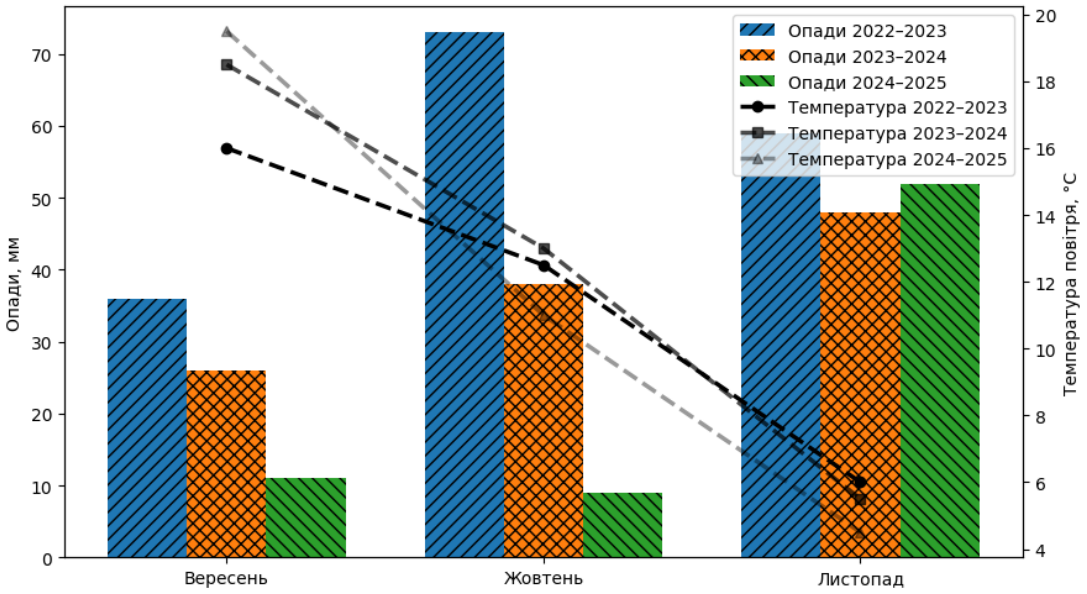


Рис. 5.1. Кліматичний профіль осіннього періоду вегетації ріпаку озимого у 2022–2025 рр.

Аналіз рисунка 5.1 показує, що в роки досліджень осінній період істотно різнився за поєднанням температурного режиму та умов зволоження. У сезоні 2022–2023 рр. осінь характеризувалася відносно рівномірним надходженням опадів за помірно підвищених температур, що сприяло формуванню добре розвиненої листкової розетки, накопиченню асимілятів і закладанню потенціалу галуження. За таких умов осінній ріст ріпаку озимого відбувався без виражених обмежень.

У 2023–2024 рр. температурний фон залишався високим, проте зволоження набуло нестійкого характеру з чітко окресленими періодами дефіциту вологи. Це обмежувало інтенсивність ростових процесів і підвищувало залежність рослин від адаптивних агротехнічних прийомів, зокрема від регуляції росту. Найбільш напружена ситуація склалася у 2024–2025 рр., коли поєднання підвищених температур із системним дефіцитом опадів формувало різко посушливий фон осінньої вегетації, несприятливий для повноцінного розвитку як надземної, так і кореневої систем.

Таким чином, кліматичний профіль осіннього періоду чітко засвідчує, що однакові технологічні заходи, включаючи застосування регуляторів росту, реалізуються за принципово різних гідротермічних умов. Саме міжрічна мінливість температури та вологозабезпечення визначає напрям і ступінь прояву

рострегулюючого ефекту, зумовлюючи різну реакцію рослин на однакові обробки. Отримані результати створюють обґрунтовані передумови для подальшого аналізу впливу регуляторів росту на осінній морфогенез, перебіг перезимівлі та формування насіннєвої продуктивності ріпаку озимого в умовах Степової зони України.

5.2 Осінній морфогенез ріпаку озимого під впливом регуляторів росту

Осінній період розвитку ріпаку озимого — це, по суті, «вікно програмування» майбутньої зимостійкості. Саме восени рослина закладає ту морфологічну й фізіологічну “конструкцію”, з якою входить у зиму: темпи наростання надземної маси, баланс між листковою поверхнею та кореневою системою, ступінь заглиблення точки росту, інтенсивність потовщення кореневої шийки, про що говориться в працях Мацери О.О., Мащенко О., Гайденка О. та ін. [189, 190]. Ці ознаки не є другорядними. Вони визначають, наскільки рослина здатна витримати коливання температур, дефіцит або надлишок вологи, вітрове висушування, безсніжні періоди й різкі відлиги з подальшими похолоданнями — тобто ті сценарії, які в умовах Степу України трапляються найчастіше.

У практиці вирощування ріпаку озимого давно сформувалось розуміння: ризик переростання восени — одна з найтиповіших причин втрат після зими, особливо за ранніх строків сівби та теплої тривалої осені. Перерослі рослини мають підняту точку росту, відносно тоншу кореневу шийку й гірше «законсервовану» меристему, що підвищує чутливість до морозів і випрівання. Саме тому застосування регуляторів росту восени розглядають не як “косметичний” прийом, а як кероване формування архітектоніки рослин — стримування надмірного видовження й перенаправлення ресурсів у розвиток кореня та потовщення основи стебла [191]. У випадку препаратів із поєднаною фунгіцидною та ретардантною дією це має ще й додатковий сенс: зменшення інфекційного тиску в осінній період підтримує загальний фізіологічний стан рослин і знижує ризики прихованих ушкоджень, які проявляються вже навесні

[192].

Ретардантний ефект у контексті ріпаку озимого важливо розуміти не як “зменшення висоти заради зменшення висоти”. Його агрономічний зміст ширший: компактніша розетка, нижча точка росту, більший діаметр кореневої шийки й добре розвинений стрижневий корінь — це сукупність ознак, що підвищує шанси на стабільну перезимівлю та швидке відновлення весняної вегетації. За даними Носенко В., Паламарчука В.Д. та ін., морфометричні параметри, як правило, чутливо реагують і на погодні умови року, і на генотип, і на дію препарату; тому оцінка їх у розрізі гібридів та варіантів обробки дозволяє не лише “констатувати ефект”, а й пояснити механізм майбутніх відмінностей у перезимівлі та продуктивності [193, 194].

Власне тому в межах підрозділу 5.2 ключовою є характеристика морфогенезу ріпаку озимого після осіннього застосування регуляторів росту у фазі 4–5 справжніх листків (ВВСН 14–15). У таблиці 5.2 наведено морфометричні показники (висота рослин, довжина кореня, кількість листків, діаметр кореневої шийки, висота точки росту), які відображають ступінь сформованості “морфології зимостійкості” та створюють підґрунтя для подальшого аналізу перезимівлі й елементів структури врожаю

Отримані результати показують, що осіннє застосування регуляторів росту істотно впливало на перебіг морфогенезу ріпаку озимого напередодні входження рослин у зимовий період. Водночас характер і ступінь прояву цих змін визначалися як властивостями діючої речовини препарату, так і генотиповими особливостями гібридів. За контрастних гідротермічних умов років досліджень — від відносно сприятливої осені 2022 р. до різко посушливих сценаріїв 2023–2024 рр. — така реакція рослин є закономірною і відображає адаптивне значення рострегуляції в системі осіннього розвитку культури.

За відсутності обробки у всіх гібридів формувалися порівняно вищі рослини з піднятою точкою росту, що особливо чітко проявлялося у гібрида Імплемент (26,2 см) та Темптейшн (23,9 см). За теплих і тривалих осінніх періодів, характерних для років досліджень, така морфологія потенційно

підвищує ризик ушкодження апікальної меристеми в умовах безсніжних зим або різких коливань температур. Застосування регуляторів росту, передусім Карамба Турбо та Еламік, істотно знижувало висоту рослин — на 8,8–23,7 % залежно від гібрида, що свідчить про чітко виражений ретардантний ефект.

Таблиця 5.2

Вплив регуляторів росту на морфометричні показники гібридів ріпаку озимого перед зимівлею (середнє 2022-2024 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Довжина кореня, см	Кількість листків, шт.	Діаметр кореневої шийки, мм	Висота точки росту, см
Сіквел					
Контроль (без обробки)	22,5±0,4^{a}	18,9±0,3^{a}	6,8±0,2^{a}	7,1±0,3^{a}	1,4±0,1^{a}
Карамба Турбо 1,0 л/га	19,7±0,3^{b}	19,1±0,2^{a}	7,8±0,1^{b}	8,0±0,3^{b}	1,1±0,2^{a}
Фолікур 0,8 л/га	21,5±0,2^{c}	20,0±0,2^{b}	8,1±0,2^{b}	10,1±0,2^{c}	1,0±0,2^{a}
Еламік 0,8 л/га	20,5±0,3^{b}	19,1±0,1^{a}	6,5±0,2^{a}	9,3±0,3^{d}	0,9±0,1^{ab}
Ретацел 0,8 л/га	22,2±0,2^{c}	19,5±0,2^{a}	7,2±0,1^{a}	8,2±0,4^{b}	1,1±0,1^{a}
Імплемент					
Контроль (без обробки)	26,2±0,4^{a}	17,8±0,3^{a}	7,0±0,2^{a}	8,0±0,2^{a}	1,5±0,2^{a}
Карамба Турбо 1,0 л/га	20,0±0,2^{b}	19,7±0,2^{b}	6,9±0,2^{a}	9,9±0,3^{b}	0,9±0,1^{b}
Фолікур 0,8 л/га	25,4±0,3^{a}	19,6±0,3^{b}	7,4±0,3^{a}	11,0±0,3^{c}	1,2±0,2^{a}
Еламік 0,8 л/га	22,3±0,2^{c}	19,0±0,2^{b}	7,0±0,2^{a}	10,3±0,4^{b}	1,1±0,1^{ab}
Ретацел 0,8 л/га	25,0±0,3^{ab}	18,9±0,3^{c}	7,0±0,3^{a}	10,2±0,3^{b}	1,1±0,1^{ab}
Темптейшн					
Контроль (без обробки)	23,9±0,4^{a}	18,9±0,3^{a}	6,5±0,2^{a}	8,1±0,2^{a}	1,5±0,2^{a}
Карамба Турбо 1,0 л/га	23,3±0,2^{b}	19,6±0,2^{a}	7,9±0,3^{b}	9,0±0,3^{b}	1,0±0,1^{b}
Фолікур 0,8 л/га	21,8±0,4^{c}	19,9±0,3^{b}	7,1±0,3^{a}	8,8±0,2^{b}	1,1±0,1^{b}
Еламік 0,8 л/га	20,3±0,2^{d}	20,2±0,3^{b}	7,7±0,3^{b}	9,2±0,3^{b}	0,9±0,1^{b}
Ретацел 0,8 л/га	23,9±0,4^{a}	19,8±0,2^{b}	7,4±0,3^{b}	10,0±0,2^{c}	1,2±0,2^{ab}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$

Особливо показовою була реакція гібрида Імплемент, у якого висота рослин після обробки Карамба Турбо зменшувалася до 20,0 см, тобто більш ніж на 6 см порівняно з контролем.

Довжина стрижневого кореня змінювалася менш контрастно, однак у більшості варіантів із застосуванням регуляторів росту простежувалася тенденція до її збільшення або утримання на вищому рівні порівняно з контролем. Така особливість є важливою з огляду на погодні умови років досліджень, коли осінній дефіцит ґрунтової вологи та нерівномірне зволоження у весняний період вимагали від рослин ефективнішого залучення води з глибших шарів ґрунту. Найбільш стабільні показники довжини кореня формувалися за використання Фолікур і Еламік, що може бути пов’язано з перерозподілом асимілянтів від надземного росту до розвитку підземних органів.

Кількість листків у розетці загалом зростала під впливом регуляторів росту, хоча вираженість цього ефекту відрізнялася між гібридами. У Сіквела та Темптейшн застосування Карамба Турбо, Фолікур і Еламік сприяло формуванню більш розвиненої листкової розетки — до 7,7–8,1 листка. За умов помірно теплої осені 2022 р. та затяжного осіннього періоду 2023 р. це створювало сприятливі передумови для накопичення пластичних речовин. Водночас відсутність надмірного наростання листкової маси свідчить, що регулятори не викликали переростання рослин, а забезпечували формування фізіологічно збалансованого типу росту.

Одним із найбільш інформативних показників зимостійкості ріпаку озимого є діаметр кореневої шийки. У контрольних варіантах цей показник був мінімальним (7,1–8,1 мм), тоді як застосування регуляторів росту забезпечувало його істотне збільшення — на 12,6–42,8 %. Найвищі значення діаметра кореневої шийки зафіксовано за обробки Фолікур (до 10,1–11,0 мм залежно від гібрида), що особливо важливо в умовах нестійких зим 2023–2024 рр. та безсніжних періодів 2024–2025 рр., коли саме запасаюча функція цієї зони відіграє ключову роль у виживанні рослин.

Висота точки росту чітко відображала ефективність осінньої рострегуляції. У всіх гібридів за використання Карамба Турбо та Еламік вона знижувалася до 0,9–1,1 см, тобто на 24,9–36,6 % порівняно з контролем. За умов теплих осеней і нестійких зим це є критично важливою перевагою, оскільки низько розташована

точка росту краще захищена від морозних ушкоджень і температурних коливань.

Аналіз сукупності морфометричних показників дозволяє виділити гібрид Темптейшн як такий, що характеризувався найбільш збалансованою реакцією на осінню рострегуляцію. Для нього було притаманне помірне зниження висоти рослин у поєднанні зі стабільним збільшенням діаметра кореневої шийки, зменшенням висоти точки росту та достатнім розвитком кореневої системи. Така морфологічна модель є особливо цінною в умовах посушливих осеней і нестійких зим Північного Степу України, оскільки формує надійні передумови для успішної перезимівлі та подальшої реалізації продуктивного потенціалу культури.

Статистична обробка даних підтвердила достовірний вплив регуляторів росту на більшість морфометричних показників ріпаку озимого. Для висоти рослин, довжини стрижневого кореня, діаметра кореневої шийки та висоти точки росту встановлено істотний вплив фактора препарату ($p \leq 0,05$), причому його внесок у варіацію показників перевищував вплив генотипу. Водночас фактор гібриду також був статистично значущим, що свідчить про наявність генотип-специфічної реакції рослин на осінню рострегуляцію. Відсутність або слабка вираженість достовірних відмінностей за кількістю листків у частині варіантів вказує на меншу чутливість цього показника до дії регуляторів росту та його залежність від погодних умов року. Загалом отримані статистичні результати підтверджують надійність експериментальних даних і можливість їх використання для подальших узагальнень у контексті перезимівлі та формування врожайності ріпаку озимого.

Для узагальнення дії регуляторів росту на комплекс морфологічних ознак, що визначають зимостійкість ріпаку озимого, доцільно розглядати не окремі показники, а їх інтегровану взаємодію. Саме така сукупність ознак формує морфологічну «архітектоніку» рослини перед входом у зимовий період. З цією метою на рис. 5.2 представлено профіль морфологічної готовності до зими, побудований на основі індексної оцінки ключових параметрів осіннього морфогенезу.

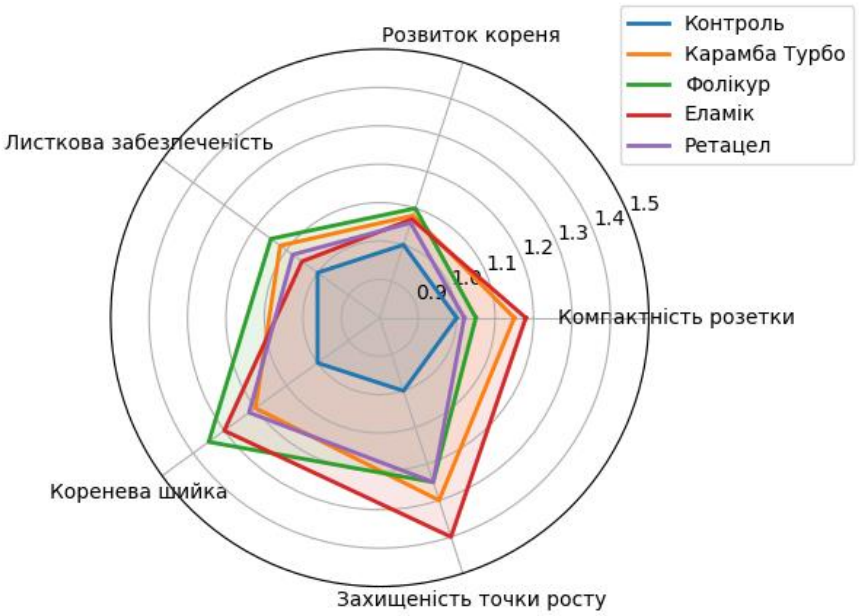


Рис. 5.2. Профіль морфологічної готовності ріпаку озимого до перезимівлі залежно від осіннього застосування регуляторів росту

(радар-діаграма; усі показники подані в індексній формі відносно контролю = 1,0; середнє за 2022–2024 рр.)

Подана радар-діаграма наочно демонструє, що осіннє застосування регуляторів росту змінює морфологічний профіль рослин ріпаку озимого не фрагментарно, а системно. Контрольний варіант характеризується мінімальною площею профілю, що відображає відсутність цілеспрямованої регуляції росту та збереження природної, часто надмірно вегетативної архітектоніки рослин.

Найбільш збалансований і просторово розширений профіль сформувався за застосування Фолікур і Еламік. Для цих препаратів характерне одночасне посилення розвитку кореневої системи, потовщення кореневої шийки та зниження висоти точки росту — саме ті ознаки, які критично важливі за умов нестійкого зволоження осені та малосніжних зим, типових для Степу України в роки досліджень.

Карамба Турбо має чітко виражену ретардантну дію, що проявляється у формуванні компактної розетки та кращому захисті точки росту. Це підтверджує ефективність препарату для стримування переростання рослин у роки з теплими й затяжними осенями (2022–2023, 2023–2024 рр.). Водночас менша площа морфометричного профілю вказує на відносно вузьку спрямованість його дії, переважно на регуляцію надземного росту.

Ретацел забезпечує помірні, але стабільні зміни морфологічних показників без різко виражених максимумів, що відповідає його м’якшому рострегулюючому ефекту та більшій залежності результату від погодних умов року і генотипу.

Таким чином, рис. 5.2 підтверджує, що ефективність осінньої рострегуляції полягає не лише у зменшенні висоти рослин, а у формуванні цілісної морфологічної конфігурації, адаптованої до конкретних гідротермічних умов року. Регулятори росту виступають інструментом керування архітектонікою рослин, забезпечуючи їх фізіологічну готовність до перезимівлі та створюючи основу для подальшого формування структури врожаю.

Саме сформований інтегральний морфологічний ефект створює вихідні передумови для реалізації продуктивного потенціалу ріпаку озимого у весняно-літній період, що зумовлює доцільність подальшого аналізу перезимівлі та відновлення вегетації.

5.3 Перезимівля та відновлення весняної вегетації ріпаку озимого як функція осінньої морфофізіологічної регуляції

Перезимівля ріпаку озимого є одним із ключових етапів реалізації його продуктивного потенціалу, оскільки саме в цей період відбувається інтеграція результатів осіннього росту, морфогенезу та фізіологічної підготовленості рослин до дії абіотичних стресів [195, 196]. На відміну від багатьох інших польових культур, успішність перезимівлі ріпаку визначається не лише мінімальними температурами повітря, а насамперед сукупністю морфологічних і функціональних ознак, сформованих упродовж осінньої вегетації.

У сучасних умовах Степової зони України, що характеризуються підвищеною мінливістю гідротермічного режиму, роль осінньої морфофізіологічної регуляції суттєво зростає. Часті осінні посухи, теплі й затяжні осені, нестійкі зими з періодами відлиг і обмеженим сніговим покривом формують ситуацію, за якої традиційні уявлення про зимостійкість культури потребують переосмислення. За таких умов саме архітектоніка рослин,

положення точки росту, діаметр кореневої шийки, розвиток листкового апарату та кореневої системи набувають визначального значення для збереженості посівів.

Осіннє застосування регуляторів росту розглядається як інструмент цілеспрямованого впливу на ці процеси. Завдяки ретардантному ефекту та регуляції гормонального балансу рослин такі препарати сприяють формуванню компактної розетки, зниженню висоти точки росту, потовщенню кореневої шийки та оптимізації співвідношення між надземною і підземною масою. У результаті підвищується фізіологічна стійкість рослин до дії низьких температур, різких коливань теплового режиму та дефіциту вологи у ґрунті [196].

Водночас ефективність осінньої рострегуляції не є сталою величиною і значною мірою залежить від погодних умов конкретного року, а також від генетичних особливостей гібридів. Одна й та сама схема обробки може по-різному проявлятися за умов м’якої зими з достатнім зволоженням або за сценарію безсніжної зими на тлі осінньої посухи. Тому перезимівлю доцільно розглядати як інтегральну відповідь рослин на взаємодію морфологічних ознак, сформованих восени, з реальними умовами зимового періоду [197-199].

З огляду на це, у підрозділі проаналізовано збереженість рослин сучасних гібридів ріпаку озимого після перезимівлі залежно від осіннього застосування регуляторів росту в контрастних погодних умовах 2023–2025 років. Такий підхід дає змогу оцінити не лише безпосередню дію препаратів, а й виявити міжгібридну варіабельність та окреслити адаптивні переваги окремих генотипів у системі осінньої морфофізіологічної регуляції (табл. 5.3).

Результати, наведені в таблиці 5.3, свідчать, що збереженість рослин ріпаку озимого після перезимівлі суттєво залежала як від погодних умов конкретного року, так і від поєднання генотипу гібриду з характером осінньої морфофізіологічної регуляції. За всі роки досліджень чітко простежується тенденція до підвищення виживання рослин за умови застосування регуляторів росту порівняно з контрольними варіантами, однак ступінь цього ефекту був

неоднаковим.

Таблиця 5.3

Збереженість рослин гібридів ріпаку озимого після перезимівлі залежно від осіннього застосування регуляторів росту, %

Фактор А (гібрид)	Фактор В (регулятор росту)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє 2023-2025 рр.
Сіквел	Контроль (без обробки)	82,1	78,4	74,7	78,4 ± 1,6[a]
	Карамба Турбо	86,8	83,9	81,6	84,1 ± 1,5[b]
	Фолікур	89,7	87,9	85,2	87,6 ± 1,4[c]
	Еламік	85,4	83,1	82,0	83,5 ± 1,6[b]
	Ретацел	84,9	82,3	81,1	82,8 ± 1,7[b]
Імплемент	Контроль (без обробки)	80,4	76,9	73,5	76,9 ± 1,8[a]
	Карамба Турбо	85,1	83,2	82,4	83,6 ± 1,6[b]
	Фолікур	88,2	86,5	85,9	86,9 ± 1,5[c]
	Еламік	84,3	82,1	80,8	82,4 ± 1,7[b]
	Ретацел	83,9	81,4	79,9	81,7 ± 1,8[b]
Темптейшн	Контроль (без обробки)	84,2	80,6	76,9	80,6 ± 1,5[a]
	Карамба Турбо	88,6	86,1	83,0	85,9 ± 1,4[b]
	Фолікур	90,8	88,9	86,4	88,7 ± 1,3[c]
	Еламік	87,4	84,8	81,7	84,6 ± 1,5[b]
	Ретацел	86,9	84,2	80,7	83,9 ± 1,6[b]
	НІР 0.05, %				
	Фактор А	4,3	4,8	5,6	
	Фактор В	4,7	5,1	6,2	
	Взаємодія АВ	5,9	6,4	7,1	

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$

У сезоні 2022–2023 рр. (зима 2023 р.), який характеризувався відносно м’яким температурним режимом і наявністю періодичного снігового покриву, рівень перезимівлі в усіх гібридів був загалом високим. Навіть на контролі збереженість рослин становила 80,4–84,2 %, що свідчить про сприятливий фон

зимівлі. Водночас застосування регуляторів росту, особливо Фолікур, забезпечувало додаткову перевагу: приріст збереженості становив 6,1–7,6 % залежно від гібриду. Це вказує на те, що навіть за м'якої зими морфофізіологічна оптимізація рослин восени підвищує їхню стабільність.

Зимовий період 2023–2024 рр. відзначався більшою мінливістю температур і нерівномірним зволоженням, що зумовило помітне зниження збереженості рослин на контрольних варіантах (76,9–80,6 %). За цих умов роль осінньої рострегуляції посилилася. Найбільш стабільний захисний ефект знову продемонстрував Фолікур, який забезпечував збереженість на рівні 86,5–88,9 %, що на 7,3–8,3 % перевищувало контроль. Препарати Карамба Турбо, Еламік і Ретацел також покращували перезимівлю, однак їхній ефект був менш вираженим і варіював у межах 3,8–6,3 %.

Найбільш контрастні результати отримано в сезоні 2024–2025 рр., який характеризувався безсніжною зимою, нижчими мінімальними температурами наприкінці зими та загальним дефіцитом вологи. Саме в цей рік чітко проявилася інтегральна роль осінньої морфофізіологічної підготовки. На контролі збереженість рослин знизилася до 73,5–76,9 %, тоді як застосування Фолікур дозволило утримати цей показник на рівні 85,2–86,4 %. Таким чином, різниця між контрольними та обробленими варіантами сягала 10–12 %, що має не лише біологічне, а й безпосереднє господарське значення.

У середньому за 2023–2025 рр. чітко виділяється препарат Фолікур, який забезпечив найвищу збереженість рослин у всіх гібридів: 87,6 % у Сіквел, 86,9 % у Імплемент та 88,7 % у Темптейшн. Це свідчить про його стабільний і прогнозований вплив за різних сценаріїв зимового періоду. Інші регулятори росту формували проміжний рівень ефективності, який, хоча й перевищував контроль, однак поступався Фолікур за стабільністю дії.

Аналіз середніх показників збереженості виявив чітко виражену міжгібридну диференціацію. У всіх варіантах досліду гібрид Темптейшн характеризувався вищим рівнем перезимівлі порівняно з гібридами Сіквел та Імплемент. Навіть у контрольному варіанті його збереженість перевищувала

відповідні показники на 2,2–3,7 %, що свідчить про генетично зумовлену підвищену стійкість до несприятливих умов зимового періоду. За осіннього застосування регуляторів росту ця перевага зберігалася, а в окремих випадках посилювалася, що дає підстави розглядати гібрид Темптейшн як найбільш пластичний і стабільний за реакцією на рострегуляцію в системі осінньої морфофізіологічної адаптації.

Математико-статистична обробка даних підтвердила достовірність виявлених закономірностей. За результатами дисперсійного аналізу встановлено істотний вплив фактора А (гібрид) та фактора В (регулятор росту) на збереженість рослин у всі роки досліджень. Значення $НІР_{0.05}$ для фактора А коливалися в межах 4,3–5,6 %, для фактора В — 4,7–6,2 %, а для взаємодії АВ — 5,9–7,1 %, що свідчить про наявність як самостійного, так і комбінованого впливу досліджуваних чинників.

Виявлені статистично достовірні відмінності між контрольними та обробленими варіантами, а також між окремими препаратами, підтверджують, що підвищення збереженості рослин не є випадковим ефектом року, а є результатом цілеспрямованої морфофізіологічної регуляції. Особливо показовою є стабільність дії Фолікур, який забезпечував достовірно вищі показники збереженості у всіх гібридів і в усі роки досліджень.

5.4 Фотосинтетична активність посівів ріпаку озимого залежно від осінньої регуляції росту

Формування врожайності ріпаку озимого є результатом інтегрованої дії морфологічних, фізіологічних та екологічних чинників, серед яких фотосинтетична діяльність посівів відіграє визначальну роль. На думку Савчука Ю.М., Антоненко О.Ф., саме через параметри асиміляційної поверхні, тривалість її функціонування та ефективність перетворення світлової енергії реалізується потенціал, закладений на попередніх етапах онтогенезу, зокрема в осінній період розвитку рослин [200, 201].

Осіннє застосування регуляторів росту, змінюючи архітектоніку рослин,

положення точки росту та характер розвитку кореневої системи, формує різні стартові умови для весняного розвитку листкового апарату. У подальшому це відображається не лише на абсолютних значеннях площі листкової поверхні, а й на рівні фотосинтетичного потенціалу посівів та чистої продуктивності фотосинтезу. Зазначені показники слугують інтегральною характеристикою інтенсивності й стабільності асиміляційних процесів упродовж вегетаційного періоду.

На відміну від аналізу фотосинтетичної діяльності за окремими фазами розвитку, узагальнені показники максимальної площі листкового апарату, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу дозволяють об’єктивно оцінити функціональний результат дії регуляторів росту в системі «осінній морфогенез – перезимівля – весняна вегетація». Саме в такому інтегральному вимірі фотосинтетична діяльність виступає безпосереднім фізіолого-біохімічним містком між осінньою морфофізіологічною регуляцією та подальшим формуванням структури врожаю і насіннєвої продуктивності [202].

У зв’язку з цим у таблиці 5.4 наведено узагальнені показники асиміляційної поверхні та фотосинтетичної продуктивності посівів ріпаку озимого залежно від гібридних особливостей і осіннього застосування регуляторів росту, що створює підґрунтя для подальшого аналізу елементів структури врожаю.

За результатами таблиці 5.4 встановлено, що осіннє застосування регуляторів росту суттєво впливало на величину максимальної площі листкової поверхні ріпаку озимого впродовж вегетації. У контрольних варіантах середні значення цього показника формувалися на базовому рівні, який відповідав обмеженим можливостям компенсаційного наростання асиміляційної поверхні після перезимівлі.

Застосування регуляторів росту супроводжувалося збільшенням максимальної площі листкової поверхні в середньому на 6–15 % порівняно з контролем, що залежало від препарату та особливостей гібриду. Найбільш виражене наростання листкового апарату відмічено за використання Фолікур, де

приріст площі листкової поверхні становив 12–15 %. Така реакція узгоджується з вищим рівнем перезимівлі рослин і більш інтенсивним відновленням вегетації у весняний період.

Таблиця 5.4

Асиміляційні показники посівів гібридів ріпаку озимого залежно від осіннього застосування регуляторів росту (середнє за 2023–2025 рр.)

Фактор А (гібрид)	Фактор В (регулятор росту)	Максимальна площа листкової поверхні, тис. м²/га	Фотосинтетичний потенціал за вегетацію, тис. м²·доб/га	Чиста продуктив-ність фотосинтезу, г/м²·добу
Сіквел	Контроль (без обробки)	31,2 ± 0,9^{a}	1480 ± 42^{a}	4,0 ± 0,11^{a}
	Карамба Турбо	33,8 ± 1,0^{b}	1585 ± 45^{b}	4,3 ± 0,12^{b}
	Фолікур	36,1 ± 1,1^{c}	1675 ± 48^{c}	4,6 ± 0,13^{c}
	Еламік	34,5 ± 1,0^{b}	1600 ± 46^{b}	4,4 ± 0,12^{b}
	Ретацел	33,9 ± 1,1^{b}	1570 ± 44^{b}	4,3 ± 0,12^{b}
Імплемент	Контроль (без обробки)	30,4 ± 0,8^{a}	1440 ± 40^{a}	3,9 ± 0,10^{a}
	Карамба Турбо	33,1 ± 0,9^{b}	1560 ± 44^{b}	4,2 ± 0,11^{b}
	Фолікур	35,4 ± 1,0^{c}	1650 ± 47^{c}	4,5 ± 0,12^{c}
	Еламік	34,0 ± 0,9^{b}	1595 ± 45^{b}	4,3 ± 0,11^{b}
	Ретацел	33,6 ± 1,0^{b}	1580 ± 44^{b}	4,2 ± 0,12^{b}
Темптейшн	Контроль (без обробки)	32,0 ± 0,9^{a}	1505 ± 43^{a}	4,1 ± 0,11^{a}
	Карамба Турбо	34,6 ± 1,0^{b}	1615 ± 46^{b}	4,4 ± 0,12^{b}
	Фолікур	36,8 ± 1,1^{c}	1690 ± 49^{c}	4,7 ± 0,13^{c}
	Еламік	35,2 ± 1,0^{b}	1630 ± 47^{b}	4,5 ± 0,12^{b}
	Ретацел	34,9 ± 1,0^{b}	1620 ± 46^{b}	4,4 ± 0,12^{b}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$

Препарат Карамба Турбо забезпечував підвищення площі листкової поверхні на 9–12 %, формуючи вирівняний, компактний, але функціонально активний листковий апарат. За використання Еламік та Ретацел приріст

показника був помірнішим і коливався в межах 6–9 %, що свідчить про їх стабілізуючий, але менш інтенсивний вплив на асиміляційну поверхню.

У розрізі гібридів найбільшу здатність до формування потужного листкового апарату демонстрував Темптейшн, у якого приріст площі листкової поверхні за застосування регуляторів росту був у середньому на 2–3 відсоткові пункти вищим, ніж у гібридів Сіквел та Імплемент.

Фотосинтетичний потенціал, який інтегрує площу та тривалість функціонування листкового апарату, чітко відображав перевагу варіантів із осіннім застосуванням регуляторів росту. У середньому за роки досліджень його значення зростали на 8–18 % відносно контролю.

Максимальний приріст фотосинтетичного потенціалу забезпечував Фолікур, де перевищення контрольного варіанту становило 15–18 %. Це свідчить не лише про більшу площу листкової поверхні, а й про її довшу функціональну активність у критичні міжфазні періоди весняно-літньої вегетації.

За застосування Карамба Турбо фотосинтетичний потенціал зростав у середньому на 12–14 %, що підтверджує його здатність формувати морфологічно оптимізовані рослини з високою стабільністю асиміляційних процесів. Препарати Еламік і Ретацел забезпечували приріст фотосинтетичного потенціалу на 8–11 %, причому їх ефект був більш залежним від гібридних особливостей.

Серед досліджуваних гібридів Темптейшн стабільно характеризувався найвищими значеннями фотосинтетичного потенціалу, перевищуючи гібриди Сіквел та Імплемент у середньому на 5–7 %. Така перевага добре узгоджується з вищим рівнем збереженості рослин після перезимівлі та подальшими показниками урожайності.

Зміни чистої продуктивності фотосинтезу свідчать про те, що регулятори росту впливали не лише на кількісні параметри листкового апарату, а й на ефективність використання асиміляційної поверхні. У варіантах із застосуванням регуляторів росту ЧПФ зростала на 6–14 % порівняно з контролем.

Найвищі значення цього показника зафіксовано за використання Фолікур,

де приріст чистої продуктивності фотосинтезу становив 10–14 %, що вказує на формування фізіологічно активного листкового апарату з високою інтенсивністю асиміляції. За застосування Карамба Турбо приріст ЧПФ складав 8–11 %, тоді як Еламік та Ретацел забезпечували збільшення показника на 6–9 %.

На контрольних варіантах показники чистої продуктивності фотосинтезу залишалися нижчими, що вказує на менш ефективне використання навіть наявної асиміляційної поверхні, особливо за контрастних погодних умов весни та початку літнього періоду.

Статистичний аналіз даних таблиці 5.4 засвідчує чітку обґрунтовану диференціацію варіантів за всіма асиміляційними показниками. Контрольні варіанти стабільно належать до нижчих статистичних груп (^{a}), що відображає базовий рівень формування листкового апарату та фотосинтетичної активності. Застосування регуляторів росту супроводжувалося переходом показників максимальної площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу у вищі статистичні групи ($^{b–c}$), що свідчить про посилення як кількісних, так і функціональних характеристик асиміляційного апарату. Найвищі індекси у більшості випадків формувалися за застосування Фолікур, підтверджуючи його перевагу за інтегральним впливом на формування та ефективність функціонування листкового апарату.

Таким чином, осіннє застосування регуляторів росту сприяло узгодженому підвищенню площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу. Саме ті варіанти, у яких приріст зазначених показників був найбільш вираженим, у подальшому характеризувалися кращою структурою врожаю та вищою насіннєвою продуктивністю, що підтверджує їх функціональне значення як передумови реалізації врожайного потенціалу ріпаку озимого.

5.5 Формування структури врожаю та насіннєвої продуктивності гібридів ріпаку озимого під впливом осіннього застосування регуляторів росту

Урожайність ріпаку озимого в сучасному розумінні розглядається не як ізольований кількісний показник, а як інтегральний результат реалізації структурного потенціалу рослин, сформованого впродовж усього онтогенезу. Дослідження Сендецького В.М., Мельничука Т.В., Сендецького І.В. свідчать, що величина врожаю зумовлюється насамперед сукупністю морфологічних елементів — кількістю продуктивних пагонів, числом стручків на рослині, кількістю насінин у стручку та їх масою, — співвідношення яких визначає ефективність перетворення біомаси у господарсько цінну продукцію [203]. Саме структура врожаю виступає ключовою ланкою, через яку фізіолого-біохімічні та морфогенетичні зміни, спричинені агротехнічними чинниками, трансформуються у насіннєву продуктивність, що неодноразово підкреслюється у вітчизняних і зарубіжних роботах [204, 205, 208].

У цьому контексті осіннє застосування регуляторів росту розглядається не як прямий чинник підвищення врожайності, а як інструмент регуляції архітектоніки рослин та спрямованого формування генеративного потенціалу. Встановлено, що ретардантний ефект таких препаратів, проявляючись у стримуванні надмірного вегетативного росту, одночасно стимулює галуження, підвищує частку продуктивних пагонів і створює передумови для закладання більшої кількості стручків. Натомість показники, пов’язані з наповненням насіння — кількість насінин у стручку та маса 1000 насінин, — характеризуються відносно меншою пластичністю і виконують переважно стабілізуючу функцію, пом’якшуючи вплив погодних коливань та забезпечуючи вирівняність врожаю за роками [206].

Важливою обставиною є й те, що реакція на регуляторний вплив істотно залежить від генотипу. Сучасні гібриди ріпаку озимого відрізняються за здатністю трансформувати морфологічні зміни, сформовані в осінній період, у реальний приріст урожайності, що зумовлює міжгібридну варіативність

ефективності регуляторів росту. Саме тому аналіз дії таких препаратів потребує поєднання оцінки структурних елементів врожаю з аналізом їх фактичної реалізації у насіннєвій продуктивності [199, 207].

У цьому зв'язку доцільним є послідовний розгляд змін структури врожаю ріпаку озимого та їх подальшої реалізації в урожайності за умов осіннього застосування регуляторів росту, що дозволяє розкрити механізми формування продуктивності культури на морфологічному й фізіологічному рівнях (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Вплив регуляторів росту на структурні показники врожайності ріпаку озимого (2023–2025 рр.)

Варіант	Кількість стручків на рослині, шт	Кількість насіння у стручку, шт	Маса 1000 насінин, г.
Сіквел			
Контроль (без обробки)	191±2^{a}	24,4±0,3^{a}	5,2±0,1^{a}
Карамба Турбо 1,0 л/га	210±1^{b}	25,5±0,4^{b}	5,5±0,2^{a}
Фолікур 0,8 л/га	219±2^{c}	25,4±0,4^{b}	5,5±0,2^{a}
Еламік 0,8 л/га	212±1^{b}	25,2±0,3^{b}	5,4±0,1^{a}
Ретацел 0,8 л/га	226±2^{d}	25,1±0,4^{a}	5,5±0,2^{a}
Імплемент			
Контроль (без обробки)	189±2^{a}	25,5±0,4^{a}	5,2±0,2^{a}
Карамба Турбо 1,0 л/га	216±2^{b}	27,7±0,3^{b}	5,4±0,1^{a}
Фолікур 0,8 л/га	226±2^{c}	27,0±0,4^{b}	5,6±0,2^{b}
Еламік 0,8 л/га	208±2^{d}	26,2±0,3^{a}	5,3±0,1^{a}
Ретацел 0,8 л/га	221±2^{b}	26,8±0,3^{b}	5,5±0,1^{a}
Темптейшн			
Контроль (без обробки)	198±1^{a}	25,1±0,4^{a}	5,3±0,2^{a}
Карамба Турбо 1,0 л/га	215±2^{b}	26,2±0,3^{b}	5,6±0,1^{a}
Фолікур 0,8 л/га	231±2^{c}	25,9±0,3^{ab}	5,6±0,2^{a}
Еламік 0,8 л/га	217±3^{b}	25,8±0,3^{ab}	5,4±0,2^{a}
Ретацел 0,8 л/га	222±2^{db}	26,2±0,4^{b}	5,5±0,1^{a}

Примітка. Різні літери в межах одного показника означають істотні відмінності при $P \leq 0,05$

Наведені в таблиці 5.5 структурні показники врожайності логічно відображають наслідки осінньої морфофізіологічної регуляції та підтверджують, що основним каналом реалізації дії регуляторів росту є перебудова продуктивної структури рослин. За різних погодних умов 2023–2025 рр., зокрема на тлі посилення посушливості в осінньо-зимовий період та нерівномірного

вологозабезпечення навесні, найчутливішим компонентом структури врожаю виявилася кількість стручків на рослині.

Саме цей показник виявився найбільш чутливим до дії препаратів, тоді як кількість насіння у стручку та маса 1000 насінин змінювалися значно слабше й виконували переважно стабілізуючу функцію.

У гібриду Сіквел контрольний варіант формував у середньому 191 стручок на рослині, тоді як застосування регуляторів росту забезпечувало приріст цього показника на 9,9–18,3 %. Найменший ефект спостерігався за Карамба Турбо та Еламіку (210–212 стручків), тоді як Фолікур (219) і особливо Ретацел (226) істотно посилювали реалізацію генеративного потенціалу. Кількість насіння у стручку за цього гібриду зростала помірно — з 24,4 у контролі до 25,1–25,5 шт., що відповідає приросту на 2,9–4,5 %. Маса 1000 насінин залишалася відносно стабільною (5,2–5,5 г), що свідчить про обмежену чутливість цього показника до осінньої рострегуляції.

Для гібриду Імплемент характерна найбільш виражена відповідь на застосування регуляторів росту. Кількість стручків на рослині зростала з 189 у контролі до 216–226 шт., що відповідає приросту на 10,1–19,6 %. Найвищі значення зафіксовано у варіантах з Фолікуром і Ретацелом, що свідчить про високу здатність цього гібриду конвертувати осінню морфологічну оптимізацію у продуктивні елементи врожаю. Паралельно істотно зростала кількість насіння у стручку — з 25,5 у контролі до 26,8–27,7 шт. (+5,1–8,6 %), причому максимальний ефект спостерігався за Карамба Турбо. Маса 1000 насінин у більшості варіантів залишалася на рівні 5,2–5,5 г, однак застосування Фолікуру забезпечувало її достовірне підвищення до 5,6 г, що є показовим в умовах ресурсних обмежень і підкреслює комплексний характер дії цього препарату.

У гібриду Темптейшн контрольний варіант уже мав відносно високий рівень закладання стручків (198 шт.), однак регулятори росту дозволяли підвищити цей показник до 215–231 шт., або на 8,6–16,7 %. Найбільший ефект знову забезпечував Фолікур, тоді як Еламік і Карамба Турбо формували помірні, але стабільні прирости. Кількість насіння у стручку зростала з 25,1 до 25,8–26,2

шт. (+2,8–4,4 %), а маса 1000 насінин змінювалася незначно (5,3–5,6 г), що вказує на домінування кількісних, а не масових компонентів у формуванні врожаю цього гібриду.

Узагальнюючи, можна відзначити, що незалежно від гібриду осінні регулятори росту насамперед впливали на формування кількості стручків як ключового елемента структури врожаю. Реакція за кількістю насіння у стручку була більш помірною та залежною від генетичних особливостей, тоді як маса 1000 насінин залишалася найбільш стабільним показником і лише в окремих поєднаннях (зокрема Імплемент + Фолікур) істотно зростала. Така структура відповіді добре узгоджується з погодними умовами досліджуваних років, коли саме збереження і реалізація генеративних органів визначала рівень продуктивності.

Узагальнення змін морфологічних, фотосинтетичних і структурних показників дає підстави перейти до ключового інтегрального критерію оцінки ефективності досліджуваних агрономічних прийомів — урожайності насіння ріпаку озимого. Саме рівень урожайності найбільш повно відображає ступінь реалізації потенціалу, сформованого рослинами в осінній період під впливом регуляторів росту та модифікованого умовами перезимівлі й перебігом весняно-літньої вегетації.

На відміну від окремих елементів структури врожаю, урожайність інтегрує як кількісні характеристики генеративних органів, так і ефективність функціонування асиміляційного апарату впродовж усього вегетаційного циклу. У зв’язку з цим її аналіз дає змогу оцінити не лише напрям і силу дії регуляторів росту, а й стабільність їх ефекту за різних погодних умов років досліджень, а також здатність окремих гібридів трансформувати морфофізіологічні переваги у фактичний приріст урожаю.

У цьому зв’язку доцільним є розгляд урожайності насіння гібридів ріпаку озимого в розрізі років та варіантів осіннього застосування регуляторів росту, що представлено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Урожайність насіння гібридів ріпаку озимого залежно від осіннього застосування регуляторів росту, т/га

Варіант	Урожайність, т/га				± до контролю	
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє	т/га	%
Сіквел						
Контроль (без обробки)	3,63	3,60	2,61	3,28	-	-
Карамба Турбо 1,0 л/га	4,07	3,96	3,08	3,70	0,42	12,9
Фолікур 0,8 л/га	4,05	4,33	3,01	3,80	0,52	15,8
Еламік 0,8 л/га	4,05	4,04	3,14	3,74	0,46	14,1
Ретацел 0,8 л/га	4,15	4,36	3,27	3,93	0,65	19,7
Імплемент						
Контроль (без обробки)	3,66	3,96	2,33	3,32	-	-
Карамба Турбо 1,0 л/га	4,22	4,15	3,10	3,82	0,51	15,3
Фолікур 0,8 л/га	4,77	4,37	2,75	3,96	0,65	19,5
Еламік 0,8 л/га	4,14	4,21	2,67	3,67	0,36	10,8
Ретацел 0,8 л/га	4,80	4,08	2,50	3,79	0,48	14,4
Темптейшн						
Контроль (без обробки)	4,16	4,08	2,71	3,65		
Карамба Турбо 1,0 л/га	4,55	4,45	2,83	3,94	0,29	8,0
Фолікур 0,8 л/га	4,37	4,45	3,55	4,12	0,47	13,0
Еламік 0,8 л/га	4,40	4,08	3,26	3,91	0,26	7,2
Ретацел 0,8 л/га	4,17	4,45	3,33	3,98	0,33	9,1
НІР $_{05}$	А 0,15	А 0,10	А 0,10	А-гібрид, В-регулятор росту, АВ-гібрид+регулятор росту		
	В 0,11	В 0,12	В 0,09			
	АВ 0,16	АВ 0,15	АВ 0,14			

Дані таблиці 5.6 свідчать, що осіннє застосування регуляторів росту мало істотний вплив на рівень насіннєвої продуктивності ріпаку озимого. Разом із тим реалізація цього ефекту не була однаковою за роками й істотно залежала від погодних умов вегетаційного періоду та біологічних особливостей гібридів. Упродовж усіх років досліджень урожайність у варіантах із регуляторними обробками перевищувала контроль, однак величина прибавки змінювалася в широких межах.

У 2023 році за відносно сприятливого поєднання теплового режиму та зволоження у весняно-літній період рослини більш повно реалізували

морфологічні передумови, сформовані в осінню фазу розвитку. Саме за цих умов найвищі показники урожайності зафіксовано у варіантах із застосуванням Ретацелу та Фолікуру. Зокрема, у гібрида Імплемент урожайність за використання Ретацелу досягала 4,80 т/га, що перевищувало контроль на 1,14 т/га. Аналогічна тенденція відмічалася і в гібрида Сіквел, де прибавка врожаю за цього ж препарату становила 0,52 т/га (понад 14 %). З урахуванням значення $НІР_{0.05}$ для фактора В (0,11 т/га) наведені відмінності слід вважати статистично достовірними.

У 2024 році дія регуляторів росту зберегла загальну спрямованість, хоча абсолютні показники урожайності дещо відрізнялися від попереднього року. У контрольних варіантах урожайність була вищою, ніж у 2023 році, однак застосування препаратів знову забезпечувало додаткову прибавку. У гібрида Сіквел максимальний середній рівень урожайності сформувався за використання Ретацелу — 4,36 т/га, що на 0,76 т/га перевищувало контроль. У гібрида Темптейшн високі та відносно вирівняні показники отримано за кількох регуляторів (Карамба Турбо, Фолікур, Ретацел), при цьому приріст урожаю коливався в межах 9–13 %. За значенням $НІР_{0.05}$ для взаємодії факторів АВ (0,15 т/га) ці відмінності зумовлені не випадковими коливаннями, а поєднанням гібридних особливостей і дії препаратів.

Найбільш напружені умови вологозабезпечення склалися у 2025 році, що зумовило загальне зниження урожайності в усіх варіантах досліду. Проте саме в цьому році особливо чітко проявилася роль регуляторів росту як чинника стабілізації продуктивності. Так, у гібрида Сіквел урожайність за застосування Ретацелу становила 3,27 т/га проти 2,61 т/га у контролі, що відповідало приросту 0,66 т/га. У гібрида Темптейшн найбільший ефект відмічено у варіанті з Фолікуром, де урожайність перевищувала контроль на 0,84 т/га. Зазначені прибавки істотно перевищували значення $НІР_{0.05}$ для фактора В (0,09 т/га) та взаємодії АВ (0,14 т/га), що підтверджує їхню статистичну надійність.

Аналіз середніх показників за 2023–2025 рр. дає змогу узагальнити ефективність застосування досліджуваних регуляторів росту. У гібрида Сіквел

найвищу середню урожайність забезпечив Ретацел — 3,93 т/га, що на 0,65 т/га або 19,7 % перевищувало контроль. Подібний рівень ефективності цього препарату відмічено й у гібрида Імплемент, де прибавка врожаю становила 0,48–0,65 т/га (14,4–19,5 % залежно від варіанта). У гібрида Темптейшн загальний рівень урожайності був вищим навіть у контролі, однак і в цьому випадку застосування Фолікуру забезпечувало достовірну прибавку — 0,47 т/га або 13 %.

Отже, за сукупністю років досліджень найбільш ефективними варіантами слід вважати: для гібридів Сіквел та Імплемент — осіннє застосування Ретацелу у нормі 0,8 л/га, а для гібрида Темптейшн — застосування Фолікуру у тій самій нормі. Саме ці поєднання забезпечували високий середній рівень урожайності за відносно низької міжрічної варіабельності.

Математико-статистичний аналіз експериментальних даних засвідчив істотний вплив фактора гібриду (A), фактора регулятора росту (B) та їх взаємодії (AB) на формування урожайності в усі роки досліджень. Значення $НІР_{0.05}$ підтверджують, що зафіксовані прибавки врожаю в основних варіантах перевищують межі випадкової мінливості й відображають реальний біологічний ефект дії досліджуваних препаратів.

Загалом результати, наведені в таблиці 5.6, підтверджують, що осіннє застосування регуляторів росту є ефективним інструментом підвищення й стабілізації урожайності ріпаку озимого в умовах Степу України. Водночас максимальний ефект досягається лише за узгодженого поєднання регулятора з конкретним гібридом і за умов повної реалізації морфофізіологічного потенціалу культури впродовж вегетаційного періоду.

Висновки до розділу 5

1. Ефективність осіннього застосування регуляторів росту ріпаку озимого істотно залежала від гідротермічних умов осінньо-зимового періоду. За відносно сприятливої осені 2022–2023 рр. (17,8 °С; 168 мм; ГТК 1,12) формувалися оптимальні передумови для осіннього морфогенезу та перезимівлі рослин. Натомість у 2023–2024 рр. (ГТК 0,74) і особливо у 2024–2025 рр. (ГТК 0,41)

дефіцит вологи істотно стримував осінній розвиток рослин і посилював значення регуляторних обробок як чинника адаптації до стресових умов.

2. Осінній морфогенез ріпаку озимого чітко реагував на застосування регуляторів росту. У контрольних варіантах формувалися вищі рослини з піднятою точкою росту (до 26,2 см у гібрида Імплемент), що підвищувало ризики ушкодження в умовах нестійких зим. Застосування регуляторів, передусім Карамба Турбо та Еламік, забезпечувало зниження висоти рослин на 8,8–23,7 %, зменшення висоти точки росту до 0,9–1,1 см та істотне потовщення кореневої шийки.

3. Діаметр кореневої шийки виявився одним із найбільш чутливих і водночас інформативних показників ефективності осінньої рострегуляції. У контрольних варіантах його значення становили 7,1–8,1 мм, тоді як за застосування регуляторів зростали на 12,6–42,8 %. Найвищі показники зафіксовано за використання Фолікур (до 10,1–11,0 мм), що є важливою передумовою підвищення зимостійкості в умовах малосніжних і температурно нестійких зим.

4. Осіння рострегуляція позитивно впливала на перезимівлю рослин у всі роки досліджень, однак масштаб ефекту залежав від погодного сценарію зими. У м’якому сезоні 2022–2023 рр. збереженість рослин на контролі становила 80,4–84,2 %, тоді як у варіантах із Фолікуром підвищувалася на 6,1–7,6 %. У більш стресових умовах 2023–2024 та 2024–2025 рр. різниця між контролем і кращими варіантами досягала 7–12 %, що вказує на стабілізуючу роль регуляторів росту за дефіциту вологи та нестійкого температурного режиму.

5. Серед досліджуваних препаратів найбільш стабільну дію щодо збереженості рослин у всі роки досліджень забезпечував Фолікур. У середньому за 2023–2025 рр. збереженість рослин становила 87,6 % у гібрида Сіквел, 86,9 % — у Імплемент та 88,7 % — у Темптейшн, що істотно перевищувало контрольні варіанти. Інші регулятори росту також сприяли підвищенню рівня перезимівлі, проте поступалися Фолікур за стабільністю отриманого ефекту.

6. Осіннє застосування регуляторів росту створювало сприятливі

передумови для формування асиміляційного апарату навесні. Максимальна площа листкової поверхні зростала на 6–15 %, фотосинтетичний потенціал — на 8–18 %, а чиста продуктивність фотосинтезу — на 6–14 % порівняно з контролем. Найвищі значення цих показників у всіх гібридів формувалися за використання Фолікур, що узгоджується з кращими показниками перезимівлі та відновлення вегетації.

7. Формування структури врожаю під впливом осінньої рострегуляції відбувалося переважно за рахунок збільшення кількості стручків на рослині. У гібридів Сіквел, Імплемент і Темптейшн цей показник зростав на 8,6–19,6 % залежно від препарату. Кількість насінин у стручку змінювалася в помірних межах (+2,8–8,6 %), тоді як маса 1000 насінин залишалася відносно стабільною і лише в окремих поєднаннях (Імплемент + Фолікур) достовірно зростала.

8. Урожайність насіння ріпаку озимого в усі роки досліджень була вищою у варіантах з осіннім застосуванням регуляторів росту, однак величина прибавки істотно залежала від погодних умов року. У сприятливому 2023 році приріст урожайності сягав 0,52–1,14 т/га, тоді як у посушливому 2025 році регулятори виконували передусім стабілізуючу функцію, забезпечуючи прирости 0,26–0,84 т/га порівняно з контролем.

9. За середніми даними 2023–2025 рр. найбільш ефективними виявилися такі поєднання: для гібридів Сіквел та Імплемент — осіннє застосування Ретацелу у нормі 0,8 л/га (прибавка 14,4–19,7 %), для гібриду Темптейшн — застосування Фолікур у нормі 0,8 л/га (прибавка 13,0 %). Ці варіанти поєднували високий середній рівень урожайності з відносно низькою міжрічною варіабельністю.

Матеріали розділу 5 висвітлено в публікаціях [28, 205, 206, 207].

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО

Економічна доцільність вирощування сільськогосподарських культур є вирішальним критерієм оцінки ефективності будь-яких технологічних рішень, незалежно від їх біологічної або агрономічної обґрунтованості. Саме показники собівартості продукції, умовно-чистого прибутку та рівня рентабельності визначають можливість практичного впровадження сортів, гібридів і елементів технології у виробничих умовах та формують економічну стійкість аграрних підприємств [209, 211].

Ріпак озимий належить до культур із високою комерційною цінністю, проте водночас характеризується значною ресурсомісткістю виробництва [209, 210]. Формування його економічної ефективності зумовлюється не лише рівнем урожайності, а й структурою виробничих витрат, до яких входять витрати на насіннєвий матеріал, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, паливно-мастильні матеріали, оплату праці, амортизацію техніки, а також витрати, пов’язані зі збиранням урожаю та транспортуванням продукції. При цьому навіть за однакової технологічної схеми фактичні витрати на гектар можуть варіювати залежно від урожайності, оскільки зі зростанням обсягу зібраної продукції збільшуються витрати на збирання та логістику [211-219].

У сучасних умовах нестабільного клімату та коливань цін на матеріально-технічні ресурси особливого значення набуває оцінка економічної ефективності окремих елементів технології з позицій їх здатності не лише підвищувати врожайність, а й забезпечувати стабільність виробництва та окупність додаткових витрат [220-224]. У цьому контексті строки сівби, норми висіву, рівень і спосіб внесення мінеральних добрив, а також застосування регуляторів росту слід розглядати як взаємопов’язані чинники, що формують як біологічний потенціал культури, так і фінансовий результат її вирощування [225-227].

Економічна ефективність елементів технології вирощування ріпаку озимого в даній роботі оцінювалася на основі результатів трьох польових дослідів, кожен з яких відображає окремий блок технологічних рішень: оптимізацію строків сівби та норм висіву, регулювання азотного живлення та застосування регуляторів росту в осінній період. Такий підхід дозволяє простежити, яким чином біологічні ефекти, встановлені в попередніх розділах, трансформуються у конкретні економічні показники та визначають доцільність впровадження досліджуваних прийомів у виробництво.

Розрахунок економічної ефективності здійснювали за середніми показниками урожайності ріпаку озимого за 2023–2025 рр., що дозволяє згладити вплив міжрічної мінливості погодних умов і отримати узагальнену оцінку результативності технологічних варіантів. Вартість валової продукції визначали за цінами реалізації насіння ріпаку озимого, актуальними станом на вересень 2025 року, що забезпечує відповідність розрахунків сучасним економічним умовам. Виробничі витрати враховували відповідно до технологічних карт вирощування культури з урахуванням специфіки кожного досліду та фактичного рівня урожайності.

Таким чином, економічна оцінка, наведена в даному розділі, є логічним продовженням агробіологічного аналізу і дозволяє обґрунтувати не лише продуктивну, а й господарську доцільність оптимізованих елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України.

Дані таблиці 6.1 відображають економічну ефективність вирощування ріпаку озимого залежно від поєднання строків сівби та норм висіву за середніми показниками урожайності 2023–2025 рр. Це дає змогу оцінити не лише рівень продуктивності, а й господарську доцільність досліджуваних варіантів в умовах Північного Степу України.

Аналіз наведених показників свідчить, що економічна ефективність вирощування ріпаку озимого істотно залежала від строків сівби та густоти стояння рослин.

Таблиця 6.1

Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву (середнє 2023-2025 рр)

Варіант досліду		Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
строк сівби	норма висіву, млн/га					
20.08	0,5	1,67	37575	33200	4375	13,2
	0,7	2,00	45000	33700	11300	33,5
	1,0	1,88	42300	33500	8800	26,3
30.08	0,5	2,07	46575	33900	12675	37,4
	0,7	2,49	56025	35000	21025	60,1
	1,0	2,25	50625	34400	16225	47,1
10.09	0,5	2,60	58500	35300	23200	65,7
	0,7	3,04	68400	31100	37300	120,0
	1,0	2,71	61000	36100	24900	69,0
20.09	0,5	2,49	56025	35000	21025	60,1
	0,7	2,96	66600	31000	35600	114,8
	1,0	2,65	59625	35900	23725	66,1

Найнижчі значення умовно-чистого прибутку і рівня рентабельності зафіксовано за раннього строку сівби (20 серпня), де рентабельність становила лише 13,2–33,5 % залежно від норми висіву, що зумовлено поєднанням низької урожайності та підвищених виробничих витрат.

Перенесення строків сівби на кінець серпня сприяло зростанню економічних показників: за сівби 30 серпня умовно-чистий прибуток досягав 12,7–21,0 тис. грн/га, а рівень рентабельності — 37,4–60,1 %, що відображає більш сприятливе співвідношення між витратами та отриманою продукцією.

Найвищу економічну ефективність забезпечував строк сівби 10 вересня, особливо за норми висіву 0,7 млн насінин на гектар, де умовно-чистий прибуток становив 37,3 тис. грн/га, а рівень рентабельності досягав 120,0 %, що є

максимальним показником серед досліджуваних варіантів. Сівба 20 вересня також характеризувалася високою економічною доцільністю, зокрема за норми висіву 0,7 млн/га, де рентабельність становила 114,8 %.

Загалом отримані результати підтверджують, що максимальна економічна ефективність вирощування ріпаку озимого досягається за збалансованих параметрів технології, коли строки сівби та норми висіву узгоджені з біологічними особливостями культури та умовами зони вирощування.

Дані таблиці 6.2 відображають зміну економічних показників вирощування ріпаку озимого залежно від норм і способів внесення азотних добрив на фоні фосфорно-калійного живлення.

Таблиця 6.2

Економічна ефективність азотного підживлення ріпаку озимого в досліді (середнє 2023-2025 рр.)

Показник	$P_{60}K_{80}$ (Ф)	Ф+N_{60}	Ф+N_{90}	Ф+N_{90}+ N_{30}	Ф+N_{90}+ N_{60}	Ф+N_{90}+ N_{90}
Урожайність, т/га	2,47	3,11	3,62	3,91	4,17	4,2
Вартість продукції, грн/т	22500	22500	22500	22500	22500	22500
Вартість валової продукції, грн/га	55575	69975	81450	87975	93825	94500
Виробничі витрати, грн/га	30187	32914	34542	36293	37129	38587
Умовно-чистий прибуток, грн/га	25388	37061	46908	51682	56696	55913
Рівень рентабельності, %	84,1	112,6	135,8	142,4	152,7	144,9

Наведені результати свідчать, що застосування азотних підживлень забезпечувало не лише зростання урожайності, а й суттєве підвищення економічної ефективності виробництва ріпаку озимого. Перехід від фонового варіанта Р60К80 до внесення азоту в дозі N60 супроводжувався збільшенням урожайності з 2,47 до 3,11 т/га та зростанням умовно-чистого прибутку на 11,7 тис. грн/га, що підвищило рівень рентабельності з 84,1 до 112,6 %. Подальше

нарощування дози азоту до N90 забезпечувало додатковий приріст урожайності до 3,62 т/га і зростання рентабельності до 135,8 %, що свідчить про високу окупність цих витрат.

Найвищі економічні показники сформувалися за дробного внесення азоту в дозі N150 (90+60), де урожайність досягала 4,17 т/га, умовно-чистий прибуток — 56,7 тис. грн/га, а рівень рентабельності — 152,7 %. Саме цей варіант забезпечував оптимальне співвідношення між зростанням виробничих витрат і додатковою вартістю валової продукції. Подальше підвищення загальної дози азоту до N180 (90+90) призводило до незначного збільшення урожайності (до 4,20 т/га), однак супроводжувалося зростанням витрат, унаслідок чого рівень рентабельності знижувався до 144,9 %.

Узагальнюючи, можна констатувати, що економічно доцільним є застосування підвищених і дробних доз азоту, проте максимальна ефективність досягається не за граничних норм, а за оптимізованого рівня азотного живлення, який забезпечує найкращу окупність вкладених ресурсів.

У таблиці 6.3 наведено результати економічної оцінки ефективності осіннього застосування регуляторів росту на різних гібридах ріпаку озимого, розраховані за середніми показниками урожайності за 2023–2025 рр. та цінами реалізації продукції станом на вересень 2025 року.

Наведені дані свідчать, що осіннє застосування регуляторів росту у всіх досліджуваних гібридах забезпечувало зростання економічних показників порівняно з контрольними варіантами. Приріст урожайності безпосередньо трансформувався у підвищення вартості валової продукції та умовно-чистого прибутку, тоді як виробничі витрати зростали помірно, переважно за рахунок додаткових витрат на обробку посівів і збирання більшого обсягу продукції.

У гібрида Сіквел застосування регуляторів росту підвищувало рівень рентабельності з 96,8 % на контролі до 115,7–127,3 %. Найвищі показники отримано за використання Ретацелу, де умовно-чистий прибуток становив 49,5 тис. грн/га, а рентабельність досягала 127,3 %. Препарати Фолікур і Еламік також забезпечували стабільно високі економічні результати, перевищуючи контроль

на 20–24 відсоткові пункти рентабельності.

Таблиця 6.3

Економічна ефективність осіннього застосування регуляторів росту на гібридах ріпаку озимого (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант досліду		Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Гібрид	Регулятор росту					
Сіквел	Контроль	3,28	73800	37500	36300	96,8
	Карамба Турбо	3,70	83250	38600	44650	115,7
	Фолікур	3,80	85500	38700	46800	121,0
	Еламік	3,74	84150	38650	45500	117,8
	Ретацел	3,93	88425	38900	49525	127,3
Імплемент	Контроль	3,32	74700	37500	37200	99,2
	Карамба Турбо	3,82	85950	38700	47250	122,1
	Фолікур	3,96	89100	38900	50200	129,0
	Еламік	3,67	82575	38600	43975	113,9
	Ретацел	3,79	85275	38750	46525	120,1
Темптейшн	Контроль	3,65	82125	37500	44625	119,0
	Карамба Турбо	3,94	88650	38600	50050	129,7
	Фолікур	4,12	92700	38900	53800	138,3
	Еламік	3,91	87975	38600	49375	127,9
	Ретацел	3,98	89550	38700	50850	131,4

Для гібрида Імплемент характерною була подібна тенденція. Рентабельність у варіантах із регуляторами росту зростала до 113,9–129,0 % проти 99,2 % на контролі. Максимальний економічний ефект зафіксовано за застосування Фолікур, де умовно-чистий прибуток сягав 50,2 тис. грн/га, що свідчить про високу здатність цього гібриду реалізовувати додаткові витрати у приріст продукції.

Найвищі абсолютні економічні показники сформував гібрид Темптейшн, який навіть у контрольному варіанті характеризувався рентабельністю 119,0 %. Осіннє застосування регуляторів росту дозволяло підвищити цей показник до 127,9–138,3 %, а умовно-чистий прибуток — до 49,4–53,8 тис. грн/га.

Найефективнішим варіантом для цього гібриду було застосування Фолікур, що поєднувало найвищу урожайність (4,12 т/га) з максимальним рівнем рентабельності — 138,3 %.

Загалом результати таблиці 6.3 підтверджують, що осіннє застосування регуляторів росту є економічно доцільним прийомом у технології вирощування ріпаку озимого. Водночас рівень отриманого ефекту визначається поєднанням препарату з конкретним гібридом, що підкреслює необхідність диференційованого підходу до вибору рострегулюючих засобів у виробничих умовах.

Висновки до розділу 6

1. Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого істотно залежала від строків сівби та норм висіву. Найвищі показники прибутковості отримано за сівби 10 вересня з нормою висіву 0,7 млн схожих насінин на гектар, де умовно-чистий прибуток становив 37,3 тис. грн/га, а рівень рентабельності досягав 120,0 %. Зміщення строків сівби на більш ранні терміни (20 серпня) супроводжувалося зниженням урожайності, підвищенням собівартості продукції та зменшенням рентабельності до 13,2–33,5 %.

2. Оптимізація азотного живлення забезпечувала суттєве зростання економічних показників виробництва ріпаку озимого. Внесення азоту в дозах N60–N180 підвищувало виробничі витрати на 8,9–25,8 % порівняно з фоном P60K80, однак вартість валової продукції зростала більш інтенсивно — на 25,9–69,8 %. Максимальний умовно-чистий прибуток (56 696 грн/га) і рівень рентабельності (152,7 %) отримано у варіанті з внесенням азоту в дозі N150 (90+60), що у 2,3 раза перевищувало показники контролю без азоту.

3. Осіннє застосування регуляторів росту на сучасних гібридах ріпаку озимого було економічно доцільним у всі роки досліджень. Порівняно з контролем, використання регуляторів росту забезпечувало приріст умовно-чистого прибутку на 8,3–12,9 тис. грн/га залежно від гібриду та препарату, а рівень рентабельності зростав до 127,3–138,3 %. Найвищі економічні показники

сформувалися за використання Фолікур і Ретацел, що поєднували приріст урожайності з помірним зростанням виробничих витрат.

4. Серед досліджуваних гібридів найбільш стабільними за економічними показниками виявилися Темптейшн та Імплемент. Навіть у контрольних варіантах вони формували вищий рівень прибутковості, а за застосування регуляторів росту забезпечували максимальний умовно-чистий прибуток (до 53,8 тис. грн/га) і рівень рентабельності до 138,3 %, що свідчить про їх високу здатність конвертувати біологічні переваги у фінансовий результат.

5. Загалом результати економічних розрахунків підтверджують, що максимальна ефективність вирощування ріпаку озимого досягається за поєднання оптимізованих строків сівби, раціонального азотного живлення та осінньої рострегуляції. Саме збалансовані технологічні рішення забезпечують не лише високий рівень урожайності, а й стабільну окупність витрат та конкурентоспроможність виробництва в умовах Північного Степу України.

Основні результати розділу 6 автором опубліковані в наукових працях [92, 143].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі узагальнено результати багаторічних польових досліджень, спрямованих на оптимізацію елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України з урахуванням строків і норм сівби, системи весняного азотного живлення, осіннього застосування регуляторів росту, міжгібридних особливостей та мінливості погодних умов років досліджень.

1. Осінньо-зимовий стан посівів ріпаку озимого істотно змінювався залежно від строків сівби, тоді як норми висіву виконували переважно коригуючу функцію. Надрання сівба (20 серпня) супроводжувалася надмірною інтенсивністю осіннього росту (приріст маси рослин 46,4–56,2 г), що зумовлювало зниження збереженості рослин у зимовий період до 65,2–67,7 %. За сівби 10 вересня формувався морфологічно врівноважений стан рослин, а рівень перезимівлі зростав до 82,1–85,2 %.

2. Поєднання строку сівби з нормою висіву визначало характер індивідуального розвитку рослин і їхню стійкість у зимовий період. Збільшення норми висіву до 1,0 млн схожих насінин на гектар призводило до зменшення індивідуальної маси рослин на 10–20 % і погіршення умов перезимівлі. Натомість використання норм 0,5–0,7 млн/га за оптимального строку сівби забезпечувало найбільш збалансоване співвідношення між ростом, збереженістю рослин і закладанням генеративних органів.

3. Насіннєва продуктивність і показники якості ріпаку озимого формувалися як результат узгодженого розвитку рослин упродовж осінньо-зимового та весняно-літнього періодів. У середньому за 2023–2025 рр. найвищу урожайність забезпечувала сівба 10 вересня за норми висіву 0,7 млн шт./га — 3,04 т/га, що перевищувало показники раннього строку сівби на 1,04 т/га та пізнього — на 0,08 т/га. За цього ж варіанта формувався максимальний збір олії на рівні 1,3–1,5 т/га.

4. Ефективність весняного азотного живлення ріпаку озимого значною мірою визначалася гідротермічними умовами весняного періоду. У 2023 році за відносно сприятливих умов (ГТК 1,02) азотне живлення сприяло повнішій

реалізації продуктивного потенціалу культури. У посушливому 2025 році (ГТК 0,41) його дія проявлялася переважно у стабілізації урожайності та стримуванні її різкого зниження.

5. Зміни урожайності під впливом азотного живлення були тісно пов’язані зі структурою рослин. Загальна кількість стручків на одній рослині зростала зі 163 шт. на фоні до 215–216 шт. за підвищених і дробних доз азоту, тоді як кількість стручків на головному пагоні зменшувалася з 59 до 37–38 шт., що свідчить про перерозподіл продуктивного навантаження на користь бічних гілок.

6. Приріст урожайності насіння за підвищення доз азоту мав виражений нелінійний характер. У середньому за 2023–2025 рр. внесення N90 забезпечувало урожайність 3,62 т/га, дробні режими — 3,91–4,20 т/га. Подальше збільшення дози до N150–N180 супроводжувалося лише незначним підвищенням показників (4,17–4,20 т/га), що вказує на досягнення фізіологічної межі реалізації продуктивного потенціалу культури.

7. Осіннє застосування регуляторів росту істотно змінювало морфогенез і умови перезимівлі ріпаку озимого, причому характер реакції залежав від гібридних особливостей. У гібридів Сіквел та Імплемент зменшення висоти рослин і точки росту та збільшення діаметра кореневої шийки на 15–40 % супроводжувалося підвищенням збереженості рослин у зимовий період на 6–10 %. У гібриду Темптейшн цей ефект відзначався більшою стабільністю за роками досліджень.

8. Формування структури врожаю під впливом осінньої рострегуляції мало чітко виражений міжгібридний характер. Кількість стручків на рослині у гібридів Сіквел та Імплемент зростала на 8,6–15,4 %, тоді як у гібриду Темптейшн — до 19,6 %, що забезпечувало стабільніше формування елементів урожаю за контрастних погодних умов.

9. Найвищий і водночас стабільний рівень урожайності за осіннього застосування регуляторів росту формувався у гібриду Темптейшн за використання препарату Фолікур у нормі 0,8 л/га. У середньому за 2023–2025 рр. урожайність у цьому варіанті перевищувала 4,0 т/га, що свідчить про кращу

реалізацію продуктивного потенціалу зазначеного поєднання в умовах Північного Степу України.

10. Аналіз економічних показників за всіма експериментальними дослідами показав, що поєднання оптимального строку сівби (10 вересня, 0,7 млн/га), раціонального азотного живлення (переважно N150 або дробні режими) та осінньої рострегуляції забезпечувало найвищі значення умовно-чистого прибутку (до 56,7 тис. грн/га) і рівня рентабельності (до 152,7 %) без надмірного зростання виробничих витрат.

11. Порівняння гібридів засвідчило різну здатність до трансформації біологічного потенціалу в економічний результат. У середньому за дослідами рівень рентабельності вирощування гібриду Темптейшн був вищим на 8–14 % порівняно з гібридами Сіквел та Імплемент, що відображає його вищу адаптивність і стабільність господарсько цінних ознак у ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Північного Степу України з нестійким зволоженням і підвищеним ризиком зимово-весняних стресів доцільно застосовувати технологічні прийоми, спрямовані на формування морфологічно врівноважених посівів ріпаку озимого та стабілізацію урожайності.

Сівбу ріпаку озимого рекомендується проводити у першій декаді вересня (близько 10 вересня) з нормою висіву 0,7 млн схожих насінин на гектар. Таке поєднання обмежує переростання рослин восени, забезпечує кращу перезимівлю та рівномірний розвиток посівів навесні. Надранні строки сівби й надмірне загущення в умовах Північного Степу слід обмежувати через посилення конкуренції за вологу.

У системі мінерального живлення доцільно застосовувати весняні азотні підживлення з урахуванням погодних умов року. За достатнього зволоження ефективними є підвищені або дробні дози азоту, що сприяють розвитку бічних гілок і формуванню продуктивної структури рослин. У посушливі роки азотне живлення доцільно обмежувати підтримувальними дозами, уникаючи форсування ростових процесів.

Для зниження ризиків ушкодження рослин у період нестійких зим і підвищення вирівняності посівів доцільно застосовувати осінню рострегуляцію у фазі 6–8 листків. Ефективним є використання препарату Фолікур у нормі 0,8 л/га, що сприяє зниженню висоти рослин і потовщенню кореневої шийки.

При доборі гібридів для умов Північного Степу доцільно віддавати перевагу формам із підвищеною адаптивністю та стабільною реакцією на агротехнічні чинники. Гібрид Темптейшн може використовуватися як базовий у виробничих посівах завдяки поєднанню доброї зимостійкості, вирівняної структури врожаю та стабільної продуктивності за різних погодних сценаріїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В. *Олійні культури в Україні*. Київ : Основа, 2007. 414 с.

2. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Озимий ріпак // *Олійні культури в Україні*. Київ : Основа, 2008. С. 318–324.

3. U.S. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service (FAS). Rapeseed production data [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/2226000 (дата звернення: 02.12.2025).

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Statistical Yearbook 2024 / World food and agriculture* [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.fao.org/statistics/yearbook (дата звернення: 02.12.2024).

5. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Офіційний вебсайт. Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 02.12.2025).

6. Яковенко Т. М. *Олійні культури України*. Київ : Урожай, 2005. С. 32–137.

7. Гайдаш В. Д. Агротехніка вирощування. Ріпак // *Ріпак*. Івано-Франківськ : Сіверсія ЛТД, 1998. С. 87–107.

8. Щоткін В. М. Шляхи інтенсифікації вирощування ріпаку // *Пропозиція*. 2006. № 4. С. 42–45.

9. Блащук М. І., Тищенко Л. Д. *Науково-практичні рекомендації по вирощуванню ріпаку*. Черкаси : Черкаський інститут АПВ, 2010. 30 с.

10. Лазар Т. І., Лапа О. М., Чехов А. В., Свидинюк І. М. та ін. *Інтенсивна технологія вирощування озимого ріпаку в Україні*. Київ, 2006. 102 с.

11. *Інтенсивна технологія вирощування озимого ріпаку в Україні* / за ред. О. М. Лапи. Київ : Універсал-Друк, 2014. С. 14–16.

12. Волощук І. С., Волощук О. П., Роп Р. Ю., Глива В. В., Случак О. М., Пристацька О. Н., Распутенко А. О. *Агротехнологічні основи вирощування насіння ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України* : монографія. Львів : СПОЛОМ, 2017. 212 с.

13. Щербаков В. Я., Неурицький С. Г., Боднар М. В. *Озимий ріпак у Степу України*. Одеса : ІНВАЦ, 2009. 184 с.

14. Щербаков В. Я., Фесенко І. В., Нереуцький С. Г. Ріпак на півдні України: проблеми та перспективи вирощування // *Аграрний вісник Причорномор'я*. 1999. Вип. 3(6). С. 334–339.

15. Забарний О. С., Дем'янюк О. С. Оцінка стану та перспективи розвитку ріпаківництва в Україні й світі // *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 83–90.

16. Вергунов В. А. Науково-інноваційний розвиток агровиробництва України: стан і перспективи // *Вісник аграрної науки*. 2024. № 4(853). С. 68–75.

17. Гадзало Я. М., Гладій М. В., Саблук П. Т. *Аграрний потенціал України*. Київ : Аграрна наука, 2016. 332 с.

18. Палапа Н. В., Дем'янюк О. С., Нагорнюк О. М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення // *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45.

19. Рогач В. В. Ріпак — перспективна олійна культура нашої держави // *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. № 1(57). С. 114–120.

20. Бовсуновський О., Чорний С., Шепель М. Живильна сила хрестоцвітної культури // *Пропозиція*. 2007. № 7. С. 72–73.

21. Кернасюк Ю. Ринок ріпаку: основні тренди й тенденції [Електронний ресурс] // *Агробізнес сьогодні*. 2018. Режим доступу: http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/11295-rynok-ripaku-osnovni-trendy-itendentsii.html (дата звернення: 25.11.2025).

22. Супіханов Г. Б. Ріпак та продукти його переробки // *Економіка АПК*. 2000. № 1. С. 44–46.

23. Терещенко Н. Ріпак озимий чи ярий? [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/21949-ripak-ozymyi-chy-iaryi.html (дата звернення: 11.11.2025).

24. П'ять переваг та п'ять недоліків вирощування ріпаку [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://superagronom.com/articles/63-5-perevag-ta-5-

nedolikiv-viroschuvannya-ripaku-osoblivosti-tehnologiyi (дата звернення: 28.10.2025).

25. Озимий ріпак: що обрати — сорт чи гібрид [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agronews.ua/news/stalo-vidomo-yaki-sorty-ripaku-ozymoho-naybil%CA%B9she-pidkhodyat%CA%B9-do-klimatu-ukrayiny/ (дата звернення: 28.10.2025).

26. Ткачук О. П., Разанов С. Ф., Банул С. О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого // *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181.

27. Мельник А. В., Бондарчук І. Л., Присяжнюк О. І. Кластерний аналіз урожайності сортів та гібридів ріпаку озимого в різних агрокліматичних зонах України // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1/2. С. 7–12.

28. Шаповал С. С., Горщар В. І. Вплив попередників на продуктивність ріпаку озимого в Степу України // *Наукові основи адаптивного землеробства* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 16–17 травня 2024 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2024. С. 233–235.

29. Bousselin X., Lorin M., Valantin-Morison M., Fustec J., Cassagne N., Baux A. Determinants of oilseed rape–service plant intercropping performance // *Agronomy for Sustainable Development*. 2024. Vol. 44(4). 40.

30. Corlouer E., Sauvage C., Leveugle M., Nesi N., Laperche A. Envirotyping within a multi-environment trial allowed identifying genetic determinants of winter oilseed rape yield stability // *Theoretical and Applied Genetics*. 2024. Vol. 137(7). 164.

31. Deng C., Liu H., Yao Y., Guo S., Xiao L., Fu Z., Du D. QTL analysis of yield-related traits for *Brassica napus* L. in multiple environments // *Molecular Breeding*. 2019. Vol. 39. 166.

32. Liersch A., Bocianowski J., Spasibionek S., Wielebski F., Szała Ł., Cegielska-Taras T. Evaluation of the stability of quantitative traits of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) by AMMI analysis // *Euphytica*. 2024. Vol. 220(8). 130.

33. Брощак І. С., Корнацька О. В. Характеристика озимого та ярого ріпаків на вміст шкідливих сполук // *Агроекологічний журнал*. 2007. № 3. С. 67–70.

34. Домарацький Є. О. Методи пом’якшення негативної дії водного стресу у рослин ріпаку озимого // *Аграрний вісник Причорномор’я*. 2018. Вип. 2. С. 39–45.

35. Іващенко О. О., Рудник-Іващенко О. І. Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату // *Вісник аграрної науки*. 2011. № 8. С. 10–12.

36. Ромащенко М. І. Деякі завдання аграрної науки, зумовлені змінами клімату // *Вісник аграрної науки*. 2003. № 1. С. 16–20.

37. Васалатій Н. В. Агрометеорологічні умови росту та розвитку озимого ріпаку в осінній період вегетації // *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2010. Вип. 10. С. 150–156.

38. Васалатій Н. В. Вплив агрометеорологічних умов на формування площі листової поверхні та фотосинтетичну продуктивність озимого ріпаку в осінньо-зимовий період вегетації // *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2013. Вип. 15. С. 110–118.

39. Євтушенко М. Д., Лісовий М. М., Пантелєєв В. К., Слюсаренко О. М. *Імунітет рослин*. Київ : Колобіг, 2004. 304 с.

40. Мусієнко М. М. *Фізіологія рослин*. Київ : Либідь, 2005. 541 с.

41. Оканенко А. С. та ін. Фотосинтез і продуктивність у зв’язку з водним режимом рослин // *Фотосинтез, ріст і стійкість рослин*. Київ : Наукова думка, 1971. С. 5–28.

42. Корсун С. Г. та ін. Індукція флуоресценції хлорофілу // *Агроекологічний журнал*. 2015. № 2. С. 36–41.

43. Сонько Р. С. та ін. Індукція флуоресценції хлорофілу // *Науковий вісник НУБіП України*. 2012. Вип. 178. С. 127–132.

44. Пасічник Н. А., Лисенко В. П., Опришко О. О. Мультиспектральна листкова діагностика стресів технологічного характеру на посівах ріпаку озимого // *Збалансоване природокористування*. 2020. № 3. С. 145–151.

45. Крук І. В. Екотоксикологічне обґрунтування застосування пестицидів при вирощуванні ріпаку озимого в Україні : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 03.00.16. Київ, 2013. 21 с.

46. *Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні*. Київ : Юнівест Медіа, 2022. 447 с.

47. Волкогон В. В., Зарішняк та ін. Мікробні препарати в технологіях вирощування сільськогосподарських культур // *Посібник українського хлібороба*. 2017. № 1. С. 180–235.

48. Камінський В. Ф. Біологічне землеробство в умовах зміни клімату // *Посібник українського хлібороба*. 2017. № 1. С. 28–31.

49. Рудник-Іващенко О. І., Шовгун О. О., Іваницька А. П. та ін. Біохімічні властивості нових сортів ріпаку // *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 4. С. 29–33.

50. Кравчук В. С., Овчарук О. В. Агробіологічні особливості рослин озимого ріпаку // *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* : матеріали наук. заходу (20 листопада 2020 р.). С. 88–90.

51. Ситнік І. Д. Стійкість нових сортів озимого ріпака до головних хвороб у Правобережній частині Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.11. Київ, 1999. 16 с.

52. Казаков Є. О. *Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин*. Київ, 2000. 272 с.

53. Junk J., Torres A., El Jaroudi M., Eickermann M. Impact of climate change on the phenology of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) // *Agriculture*. 2024. Vol. 14(7). 1049.

54. Cesar M. C., Sadras V. O. Water–nitrogen colimitation in grain crops // *Advances in Agronomy*. 2018. P. 231–247.

55. Page E. R., Meloche S., Moran M., Caldbeck B., Barthet V. Effect of seeding date on winter canola (*Brassica napus* L.) yield and oil quality in southern Ontario // *Canadian Journal of Plant Science*. 2021. Vol. 101. P. 490–499.

56. Курцев В. О. Агрометеорологічне обґрунтування строків сівби ріпаку озимого в Степовій зоні України // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 56–60.

57. Вишнівський П. С. Вплив строків сівби та системи удобрення на перезимівлю ріпаку озимого // *Землеробство*. 2010. Вип. 1(2). С. 78–82.

58. Влащук А. М., Прищепо М. М., Войташенко Д. П. Вплив основного обробітку ґрунту, строку та способу сівби на врожайність насіння ріпаку озимого // *Зрошуване землеробство*. 2013. Вип. 60. С. 63–65.

59. Волощук О. П., Случак О. М., Распутенко А. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння // *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 44–55.

60. Губенко Л. В., Вишнівський П. С. Формування продуктивності озимого ріпаку залежно від строків сівби та системи удобрення в умовах Північного Лісостепу // *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2010. Вип. 15. С. 82–87.

61. Мазур В. А., Мацера О. О. Аналіз зміни якісних показників насіння озимого ріпаку залежно від строків посіву та системи удобрення // *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 12. С. 5–17.

62. Томашов С. В. Формування продуктивності та якості насіння ріпаку озимого при внесенні мінеральних добрив, різних строках сівби та застосуванні регулятора росту в умовах степового Криму : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон, 2012. 16 с.

63. Санін В. А. Основні технологічні елементи вирощування озимого ріпаку в осінній період // *Агроном*. 2008. С. 24–25.

64. Крамарьов С. М., Іжболдін О. О., Крамарьов О. С., Бондар В. Ю. Пошук шляхів отримання повноцінних сходів ріпаку озимого в посушливі роки [Електронний ресурс] // *Агроном*. 2024. № 2(84). Режим доступу: https://www.agronom.com.ua/poshuk-shlyahiv-otrymannya-povnotsinnyh-shodiv-ripaku-ozymogo-v-posushlyvi-roky/ (дата звернення: 28.10.2025).

65. Щербаков В. Я., Юркевич Є. О. Умови формування високого урожаю озимого ріпаку залежно від метеорологічних умов різних періодів вегетації в Степу України // *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2017. Вип. 84(2). С. 114–120.

66. Антоненко О. Ф., Савчук Ю. М. Обмеження розвитку хвороб ріпаку озимого залежно від строків сівби та мікродобрив // *Вісник аграрної науки*. 2017. С. 72–74.

67. Забарний О. С. Вплив норм висіву на формування продуктивності агроценозів ріпаку озимого (*Brassica napus* L. Oleifera) // *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 128–135.

68. Забарний О. С., Забарна Т. А. Формування продуктивності гібридів ріпаку озимого залежно від ширини міжрядь // *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 5. С. 105. DOI: http://doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.008.

69. Керимов А. Н., Остапенко А. І. Кореляційна та регресивна модель озимого ріпаку при різних строках посіву, нормах висіву та ширині міжряддя // *Таврійський науковий вісник*. 1999. Вип. 11, ч. І. С. 50–52.

70. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Вплив структурних показників на урожайність насіння ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в Південному Степу України // *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 5(62).

71. Нереуцький С. Г. Обґрунтування норм висіву ріпаку озимого в умовах Південного Степу // *Вісник аграрної науки*. 2002. № 5. С. 83–84.

72. Нереуцький С. Г. Удосконалення технологічних заходів по підвищенню продуктивності озимого ріпака в умовах Півдня України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2002. 17 с.

73. Нереуцький С. Г., Фесенко І. В., Щербаков В. Я. Насіннєва продуктивність озимого ріпаку залежно від норми висіву в умовах Південного Степу України // *Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту*. 1999. № 6. С. 23–24.

74. Поляков О. І. Особливості росту, розвитку та формування врожайності ріпаку озимого залежно від норми висіву за різних строків сівби // *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 99–110.

75. Юрчук С. С. Урожайність та якість насіння ріпаку озимого залежно від способу посіву та норми висіву в умовах Правобережного Лісостепу // *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 102–111.

76. Бахмат М. І., Сендецький І. В., Козіна Т. В., Сендецький В. М. Вплив регулятора росту та норм висіву на формування врожайності ріпаку озимого в умовах Лісостепу Західного // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2019. Т. 2, № 3. С. 189–193.

77. Béreš J., Bečka D., Tomášek J., Vašák J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape // *Plant, Soil and Environment*. 2019. Vol. 65(9). P. 435–441.

78. Biswas D. K., Ma B. L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality // *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. Vol. 96(3). P. 392–403.

79. Ferguson B. T., Chastain T. G., Garbacik C. J. Spring nitrogen and cultivar affect seed production in winter canola // *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. P. 1124–1131.

80. Antošovský J., Škarpa P., Ryant P. Effect of nitrification inhibitor on yield of winter crops // *Field Crops Research*. 2025. Vol. 328. 109906.

81. Ma B. L., Wu T. Y., Tremblay N. та ін. Rate and timing effects of fertilizer nitrogen application to corn on ammonia volatilization // *Agronomy Journal*. 2010. Vol. 102. P. 134–144.

82. Wang H., Xiang Y., Liao Z. Integrated assessment of water–nitrogen management // *Agricultural Water Management*. 2024. Vol. 298. 108863.

83. Адаменко С. Підживлення ріпаку озимого ще восени є запорукою його успішної перезимівлі // *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 13(212).

84. Гарбар Л. А., Яцишина Т. П., Самолюк О. П. Вплив удобрення на перезимівлю ріпаку озимого // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 74–77.

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

86. Господаренко Г. Удобрення ріпаку озимого // *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 7. С. 28–30.

87. Лихочвор В. В. *Мінеральні добрива та їх застосування*. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.

88. Курач О. В., Лукащук Л. Я., Злотенко О. Ю., Гень С. П. Оптимізація удобрення та позакореневого підживлення ріпаку озимого (*Brassica napus* L.) в умовах Західного Полісся // *Зернові культури*. 2023. Т. 7, № 1. С. 98–105.

89. Малярчук А. С. Продуктивність ріпаку озимого залежно від обробітку ґрунту та доз азотних добрив // *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 57. С. 131–137.

90. Пархуць Б. Продуктивність ріпаку озимого залежно від удобрення на чорноземах типових Ізяславського району Хмельницької області // *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2015. № 19. С. 173–175.

91. Сніговий В. С., Гусєв М. Г., Коковіхін С. В. Вплив мінерального живлення на продуктивність ріпаку озимого в умовах зрошення // *Вісник аграрної науки*. 2007. № 3. С. 54–58.

92. Шаповал С. С., Горщар В. І. Ефективність азотних підживлень ріпаку озимого в Степу України // *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 319–323.

93. Enders T. A., Strader L. C. Auxin activity: past, present, and future // *American Journal of Botany*. 2015. Vol. 102(2). P. 180–196.

94. Leyser O. Auxin signaling // *Plant Physiology*. 2018. Vol. 176(1). P. 465–479.

95. Кур’ята В. Г., Рогач В. В., Гуляєв Б. І. Дія ретардантів на морфогенез і продуктивність рослин озимого ріпаку // *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2004. Т. 36, № 2. С. 167–172.

96. Пономаренко С. П., Іутинська Г. О. Регулятори росту. Екологічні аспекти застосування // *Захист рослин*. 1999. № 12. С. 15–18.

97. Ретьман С., Ткаленко Г., Михайленко С. Сучасні агротехнології із застосуванням біопрепаратів та регуляторів росту // *Пропозиція*. 2015. С. 18–20.

98. Рогач В. В. Вплив ретардантів на морфогенез, продуктивність і склад вищих жирних кислот олії ріпаку озимого : дис. … канд. біол. наук : 03.00.12. Вінниця, 2009. 174 с.

99. Таран Н. Ю., Свєтлова Н. Б., Оканенко О. А. та ін. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи // *Вісник аграрної науки*. 2004. № 8. С. 29–32.

100. Тараріко Ю. О., Личук Г. І. Стимулятори росту рослин у системі органічного землеробства // *Вісник аграрної науки*. 2014. № 5. С. 11–15.

101. Швайківський Б. Я., Лопушняк В. І., Киричук Р. Г. Регулятори росту рослин – ефективний засіб підвищення якості продукції сільськогосподарських культур // *Сільський господар*. 2000. № 5–6. С. 3–4.

102. Дьяконенко Г. Ю., Лисак Ю. С., Компанієць А. М. Вплив передпосівної обробки насіння ріпаку комплексними агрохімічними препаратами на основі кріопротекторів на зимостійкість і врожайність рослин // *Проблеми кріобіології*. 2009. Т. 19, № 3. С. 283–289.

103. Гамаюнова В. В., Гаро І. М. Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого залежно від впливу елементів технології в умовах Лісостепу України // *Вісник аграрної науки Причорномор’я*. 2021. Вип. 3. С. 38–45.

104. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. *Ріпак*. 2-ге вид., доповн. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. 124 с.

105. Коковіхін С. В., Донець А. О., Шаталова В. В. Економічні та енергетичні аспекти оптимізації технології вирощування ріпаку озимого в

умовах Південного Степу України // *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 82. С. 47–55.

106. Корчинська О. А., Корчинська С. Г. Еколого-економічні аспекти використання засобів хімізації в сільському господарстві // *Економіка АПК*. 2015. № 7. С. 46–51.

107. Калетнік Г. М., Климчук О. В., Мазур В. А. Перспективність та ефективність виробництва біодизельного палива в Україні з олійних культур // *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 5. С. 7–17.

108. Телекало Н. В., Купчук І. М., Гонтарук Я. В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель // *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 149–154.

109. Матейчук Ю. В. Шляхи підвищення економічної ефективності вирощування олійних культур // *Міжнародний науковий журнал*. 2015. № 9. С. 133–136.

110. Ященко О. І., Романюк О. П. Економічні та соціальні аспекти оцінки ефективності // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18, № 6. С. 237–238.

111. Адаменко Т. І. Зміна агрокліматичних умов та їхній вплив на зернове господарство України // *Агроном*. 2006. № 4(14). С. 12–13.

112. Адаменко Т. І. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату // *Агроном*. 2007. № 1. С. 8–9.

113. *Клімат України* / за ред. В. М. Ліпінського та ін. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.

114. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. *Засуха, суховій і пилова буря в Україні в період глобальних змін клімату*. Вінниця, 2014. 536 с.

115. *Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості* / В. І. Купчик та ін. Київ : Кондор, 2010. 414 с.

116. Крикунов В. Г. *Ґрунти і їх родючість* : підручник. Київ : Вища школа, 1993. 287 с.

117. *Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України* / за ред. В. Ф. Сайка. Київ : Аграрна наука, 2010. 912 с.

118. Цандур М. О. *Наукові основи землеробства Південного Степу України*. Одеса : Папірус, 2006. 180 с.

119. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. та ін. *Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України*. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.

120. Pohanková E., Hlavinka P., Kersebaum K. C., Nendel C. Climate change impacts on two European crop rotations via an ensemble of models // *European Journal of Agronomy*. 2025. Vol. 164. 127456.

121. Корнійчук О. В., Юрчук С. С. Вплив погодно-кліматичних параметрів на урожайність насіння ріпаку озимого // *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 95. С. 74–87.

122. Забарний О. С., Забарна Т. А. Вплив погодних умов на перезимівлю озимого ріпаку залежно від факторів інтенсифікації // *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 95. С. 97–107.

123. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. *Основи наукових досліджень в агрономії*. Київ : Дія, 2005. 288 с.

124. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. *Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних*. Київ, 2007. 55 с.

125. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. *Дослідна справа в агрономії*. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

126. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. *Методика польового досліду*. Одеса : Олді Плюс, 2024. 448 с.

127. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. *Методика польового досліду*. Херсон, 2014. 448 с.

128. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. *Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів* : навчальний посібник. Херсон : Айлант, 2008. 372 с.

129. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. *Основи наукових досліджень в агрономії*. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.

130. Гамаюнова В. В., Гаро І. М. Урожайність і якість насіння ріпаку озимого залежно від обробітку ґрунту, строку та способу сівби в умовах Лісостепу України // *Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. Вип. 1(43). С. 31–36.

131. Бугайов В. Д., Вишневський С. П. Вплив рівня розвитку розетки у гібридів ріпаку озимого восени на зимостійкість та урожайність // *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 57–65.

132. Гайдаш В. Як уберегти ріпак від вимерзання? // *Пропозиція*. 2003. № 7. С. 40–41.

133. Гауе О. Догляд за посівами ріпаку озимого навесні // *Пропозиція*. 2004. № 2. С. 34–35.

134. Губенко Л. Розвиток ріпаку озимого // *Пропозиція*. 2018. № 12. С. 114–118.

135. Донець А. О. Удосконалення технології вирощування ріпаку озимого в умовах півдня України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон, 2013. 20 с.

136. Забарна Т. А. Перезимівля озимого ріпаку залежно від факторів інтенсифікації в умовах Лісостепу правобережного // *Annali d'Italia*. 2020. Vol. 2, No 7. P. 310–315.

137. Лихочвор В. В. Як запобігти вимерзанню озимого ріпаку елементами технології у літньо-осінній період // *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 14. С. 38–41.

138. Рудик Р., Дідківський М., Герсимчук В. та ін. Перезимівля на практиці // *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 13(308). С. 40–45.

139. Шкода О. А., Шепель А. В. Зимостійкість ріпаку озимого при різних умовах вирощування // *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 95–99.

140. Щербаков В. Я., Юркевич Є. О. Ступені ризику при сівбі озимого ріпаку у різні строки // *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2009. Вип. 80. С. 8–11.

141. Шапарь Л. В. Насіннєва продуктивність сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Південного Степу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.05. Херсон, 2017. 24 с.

142. Шаповал С. С., Горщар В. І. Вплив строків сівби і норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого // *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 258–262.

143. Шаповал С. С., Горщар В. І. Вплив строків сівби і норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого // *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі*. Дніпро, 2025. С. 199–201.

144. Распутенко А. О. Польова схожість насіння ріпаку озимого залежно від строків сівби й норм висіву насіння // *Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (25–26 травня 2016 р.). Дніпропетровськ, 2016. С. 75–76.

145. Особливості посіву озимого ріпаку [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://tk-art-agro.com.ua/sta/korisna-informacia/osoblivosti-posivu-ozimogo-ripaku (дата звернення: 25.11.2025).

146. Курцев В. Технологічні аспекти вирощування ріпаку [Електронний ресурс]. 2010. Режим доступу: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/55-tekhnolohichni-aspekty-vyroshchuvannia-ripaku.html (дата звернення: 25.11.2025).

147. Музафаров Н., Манько К. Вирощування урожайного ріпаку [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/255-vyroshchu-vannia-urozhainoho-ripaku.html (дата звернення: 25.11.2025).

148. Фази розвитку ріпаку за шкалою ВВСН [Електронний ресурс] // *Агроном*. 2023. Режим доступу: https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-ripaku-za-shkaloyu-vvsn/ (дата звернення: 25.12.2025).

149. Шкода О. А. Ефективність вирощування ріпаку озимого в умовах південного Степу України // *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 123–129.

150. Собко М. Г. Вплив технологічних прийомів на врожайність озимого ріпаку // *Вісник Сумського ДАУ*. 2000. Вип. 4. С. 127–131.

151. Мельничук С. Л. Технологічні та екологічні особливості формування продуктивності ріпаку озимого в Правобережному Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2013. 21 с.

152. Тютюнник В. А. Оптимізація технології вирощування ріпаку озимого та ярого в умовах північно-східного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Суми, 2016. 20 с.

153. Гойсалюк Я. С. Урожайність та якість насіння ріпаку озимого залежно від технологічних заходів вирощування в Західному Лісостепу : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2012. 21 с.

154. Панчишин В. З., Стоцька С. В., Журибіда Д. Р. Насіннєва продуктивність ріпаку озимого залежно від удобрення та строку посіву в умовах Полісся України // *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 169–176.

155. Sokólski M., Załuski D., Szatkowski A., Jankowski K. J. Winter oilseed rape: agronomic management in different tillage systems and seed quality // *Agronomy*. 2023. Vol. 13. 524.

156. Drulis P., Kriauciuniene Z., Liakas V. Influence of nitrogen fertilizer rates and inhibitors on maize yield // *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 741.

157. Wang Z. H., Li S. X., Malhi S. Effects of fertilization on nutritional quality of crops // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Vol. 88(1). P. 7–23.

158. Балюк С. А., Носко Б. С., Шимель В. В. та ін. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів // *Вісник аграрної науки*. 2019. № 3(792). С. 12–19.

159. Бойко Н. В., Гусєв М. Г., Коковіхін С. В. Продуктивність ріпаку озимого залежно від системи мінерального живлення та сортового складу в умовах зрошення південного Степу // *Таврійський науковий вісник*. 2007. Вип. 52. С. 160–166.

160. Броннікова Л. Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно // *Агрохімія та сучасні напрями застосування добрив*. 2018. № 8. С. 53–61.

161. Господаренко Г. Удобрення ріпаку [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://propozitsiya.com/ua/udobrennya-ripaku-0 (дата звернення: 11.11.2025).

162. Деребон І. Ю., Малик К. В., Овдійчук В. П. Якість ріпаку озимого залежно від удобрення // *Сільське господарство сьогодення* : зб. тез доповідей (ЖНАЕУ). 2019. С. 129–130.

163. Добрива для ріпаку [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://aidamin.com/ua/agrokonsalting/mikrodobriva-dlya-ripaku (дата звернення: 25.11.2025).

164. Капітанська О. Збалансоване живлення – запорука формування стресостійкості рослин // *Пропозиція*. 2017. № 3. С. 98–99.

165. Кисіль В. І. *Агрохімічні аспекти екологізації землеробства*. Харків : Друкарня № 13, 2005. 109 с.

166. Коваленко О., Ковбель А. Елементи живлення та стреси польових культур // *Пропозиція*. 2013. № 5(215). С. 78–79.

167. Коваленко О., Полянчиков С., Ковбель А. Позакореневі обробки – важлива складова збалансованої системи живлення // *Пропозиція*. 2015. № 4. С. 64–65.

168. Коломієць М. Добрива під ріпак // *Пропозиція*. 2001. № 6. С. 44–45.

169. Лагуш Н., Гуринович С., Гуринович О. Продуктивність озимого ріпаку на дерново-підзолистих ґрунтах Передкарпаття залежно від удобрення // *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2009. № 10. С. 17–19.

170. Логінова І. В., Білєра Н. М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур // *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2014. Вип. 195(1). С. 71–78.

171. Логінова І. В., Смик С. Прогнозування ефективності добрив за даними ґрунтової діагностики // *Наукові доповіді НУБіП України*. 2012. № 3(32).

172. Абрамик М. І., Лис Н. М. Формування асиміляційної поверхні ріпаку озимого за різних способів основного обробітку ґрунту та мінерального живлення // *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип. 54(2). С. 3–9.

173. Лялько В. І., Сахацький О. І., Жолобак Г. М., Ваколюк М. В. Аерокосмічний контроль посівів озимого ріпаку — сировини для виробництва біодизелю // *Вісник НАН України*. 2009. № 12. С. 13–22.

174. Малярчук А. С. Оптимізація елементів технології вирощування ріпаку озимого на зрошуваних землях півдня України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.02. Херсон, 2015. 20 с.

175. Марков І. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку // *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 10(209).

176. Мацера О. О. Формування елементів структури врожаю озимого ріпаку залежно від системи удобрення // *Екологічні проблеми сільського виробництва* : зб. наук. праць всеукр. наук.-практ. конф. (Вінниця, 07 грудня 2016 р.). Вінниця, 2016. С. 38–40.

177. Пророченко Т. І. Урожайність ріпаку ярого залежно від застосування в удобренні різних форм азотних добрив // *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2018. Вип. 286. С. 74–79.

178. Стельмах О. М., Чорній Г. Д., Іванюк В. М. Вплив технології вирощування на врожайність та якість насіння ріпаку озимого // *Агроекологічний журнал*. 2008. Спец. вип. С. 225–228.

179. Центило Л. В. Продуктивність сівозміни залежно від удобрення і обробітку ґрунту // *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 3. С. 52–60.

180. Шаповал С. С., Горщар В. І. Вплив норм і строків внесення азотних добрив на продуктивність ріпаку озимого // *Стан і перспективи розробки ресурсоощадних технологій*. Дніпро, 2025. С. 68–70.

181. Шкода О. А. Продуктивність ріпаку озимого залежно від способу основного обробітку ґрунту та добрив в умовах півдня України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон, 2015. 20 с.

182. Шьонбергер Г., Ярошко М. Особливості вирощування ріпаку: управління посівами та потреба у поживних речовинах // *Агроном*. 2012. № 1. С. 98–101.

183. Tsyliuryk O., Izhboldin O., Sologub I. Efficiency of growth regulators // *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(10). P. 59–67.

184. Борзих О. І., Сергієнко В. Г., Сторчоус І. М. Дослідження післядії гербіцидів на основні сільськогосподарські культури // *Вісник аграрної науки*. 2022. № 4(829). С. 30–40.

185. Дегодюк Є. Г., Вітвицька О. І., Дегодюк Т. С. Сучасні підходи до оптимізації мінерального живлення рослин в органічному землеробстві // *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. № 1–2. С. 33–39.

186. Забарний О. С., Забарна Т. А. Екологічні ризики при вирощуванні ріпаку // *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 114–118.

187. Катеринчук І. М. Вплив елементів технології вирощування на якісні показники насіння ріпаку ярого // *Новітні технології для конкурентоспроможного аграрного виробництва* : матеріали наук.-практ. конф. (Чабани, 27–29 жовтня 2014 р.). Київ : ВП «Едельвейс», 2014. С. 14–15.

188. Культура ріпак озимий (особливості вирощування та зберігання) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agrarii-razom.com.ua/culture/ripak-ozimiy (дата звернення: 25.11.2025).

189. Мацера О. О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність і якість насіння ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам’янець-Подільський, 2020. 20 с.

190. Мащенко О., Гайденко О. Ріпак: коли дотримання правил – гарантія якості // *Агробізнес сьогодні*. 2019. № 10. С. 64–65.

191. Науково-методичні рекомендації з формування технологій вирощування ріпаку озимого : наук. вид. Херсон : Айлант, 2008. 20 с.

192. Новітні агротехнології в рослинництві : підручник / В. А. Мазур та ін. Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2017. 588 с.

193. Носенко В. Фактори, що формують якість продукції ріпаку в Україні // *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2015. № 210. С. 75–79.

194. Паламарчук В. Д. та ін. *Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур*. Вінниця, 2010. 680 с.

195. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. *Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур* : підручник. 5-те вид., виправ. і доповн. Львів : Українські технології, 2020. 806 с.

196. Поляков О. І., Вахненко С. В., Нікітенко О. В. *Технологія вирощування озимого ріпаку (науково-практичні рекомендації)*. Запоріжжя, 2014. 17 с.

197. Распутенко А. О. Врожайні властивості й посівні якості насіння ріпаку озимого залежно від агротехнічних заходів його вирощування в умовах Західного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.05. Миронівка, 2019. 23 с.

198. Распутенко А. О. Врожайні властивості й посівні якості насіння ріпаку озимого залежно від агротехнічних заходів його вирощування в умовах Західного Лісостепу України : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.05. 2019. 255 с.

199. Регулятори росту: застосування на ріпаку та важливість термінів [Електронний ресурс]. 2023. Режим доступу: https://superagronom.com/blog/746-regulyatori-rostu-zastosuvannya-na-ripaku-ta-vajlivist-terminiv (дата звернення: 25.11.2025).

200. Савчук Ю. М. Насіннєва продуктивність сортів ріпаку озимого залежно від елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.05. Київ, 2019. 20 с.

201. Савчук Ю. М., Антоненко О. Ф. Залежність урожайності та посівних якостей насіння ріпаку озимого від сортів та технології вирощування в умовах

Правобережного Лісостепу України // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 2. С. 20–27.

202. Секун М. П. *Технологія вирощування і захисту ріпаку*. Київ : ТОВ «Глобус-Принт», 2008. 116 с.

203. Сендецький В. М., Мельничук Т. В., Сендецький І. В. Продуктивність ріпаку озимого за удосконалення технології вирощування в умовах Лісостепу Західного // *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 188–195.

204. Цицюра Я. Г., Томчук О. С. Вміст олії у насінні ріпаку озимого залежно від застосованих мікроелементів у позакореневі підживлення // *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2(29). С. 5–17.

205. Шаповал С. С., Горщар В. І. Ефективність використання регуляторів росту рослин у посівах ріпаку озимого // *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145(2). С. 196–203.

206. Шаповал С. С., Горщар В. І. Продуктивність гібридів ріпаку озимого на фоні застосування регуляторів росту // *Стан і перспективи розробки ресурсоощадних технологій*. Дніпро, 2024. С. 65–67.

207. Шаповал С. С., Горщар В. І. Продуктивність гібридів ріпаку озимого в умовах міжсезонних кліматичних коливань за різних варіантів регуляції росту // *Аграрні інновації*. 2025. № 34. С. 174–177.

208. Tkalich Y. I., Tsyliuryk O. I., Kokhan A. V. Efficacy of growth regulators for maize fields // *Agrology*. 2023. Vol. 6(4). P. 97–103.

209. Безкоровайний В. М., Мойсієнко В. В. Формування врожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від гібридів і способів сівби в умовах Лісостепу правобережного // *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 169–178.

210. Боднар М. В. Оптимізація заходів посівного комплексу як напрямок реалізації продуктивності та якості насіннєвої й товарної продукції сучасного генофонду озимого ріпаку в Південному Степу : дис. … канд. с.-г. наук. Херсон, 2005. С. 87–92.

211. Бойко В. І., Лебідь Є. М., Рибка В. С. *Економіка виробництва зерна*. Київ : ННЦ ІАЕ, 2008. 400 с.

212. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність і якість насіння ріпаку озимого в умовах Лісостепу правобережного : монографія / В. А. Мазур, О. О. Мацера, Ю. М. Шкатула, О. С. Забарний ; Вінницький національний аграрний університет. Вінниця : ВНАУ, 2025. 190 с.

213. Гойсюк С. О. Продуктивність озимого ріпака залежно від сортових особливостей та агротехніки вирощування в умовах південної частини Західного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Вінниця, 2003. 20 с.

214. Довгалюк Н. В. Методологія визначення та методика аналізу економічної ефективності використання та відтворення основних засобів аграрного сектору економіки // *Економіка. Управління. Інновації*. 2010. № 2. 125 с.

215. Дядько І. І. Оптимізація розміщення зернових культур та ріпаку озимого в ланках сівозмін південного Степу : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.01. Дніпро, 2011. 21 с.

216. Івашків І. М., Стефанишин Л. С., Король С. В. Економічні передумови використання відновлювальних енергетичних ресурсів на вітчизняних підприємствах в умовах розвитку зеленої енергетики // *Агросвіт*. 2020. № 13–14. С. 61–65.

217. Камінський В. Ф. *Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів*. Київ, 2017. 580 с.

218. Лапач С. М., Губенко А. В., Бабіч П. М. *Статистичні методи в медико-біологічних дослідженнях*. Київ : Моріон, 2001. 408 с.

219. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Ефективність інтенсивної технології виробництва озимого ріпаку // *Економіка АПК*. 2001. № 9. С. 78–81.

220. Опря А. Т. Статистичні методи аналізу урожаю й урожайності: особливості комплексного використання при концептуальному визначенні

урожайності як економічної категорії // *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія: Економічні науки*. 2011. Вип. 2. Т. 1. С. 181–193.

221. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Венедіктов О. М. *Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві*. Вінниця, 2011. 381 с.

222. Роп Р. Ю. Оптимізація елементів технології вирощування ріпаку озимого на насіння в умовах Західного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.05. Умань, 2016. 22 с.

223. Сучасні системи землеробства / В. Ф. Петриченко, Я. Я. Панасюк, Г. М. Заболотний, Л. П. Середа. Вінниця : Діло, 2006. 212 с.

224. Формування нормативних витрат і доходів та баланси сільськогосподарської продукції в Україні / за ред. О. М. Шпичака. Київ : ІАЕ, 2003. 484 с.

225. Шкатула Ю. М., Дідик О. А. Продуктивність ріпаку озимого в умовах ФГ «Врожайне» Вінницької області [Електронний ресурс] // *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 1(107). Режим доступу: https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/48987 (дата звернення: 07.10.2025). DOI: http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.009.

226. Щербаков В., Яковенко Т., Когут І. Роль олійних культур у підвищенні ефективності аграрного виробництва // *Пропозиція*. 2009. № 6. С. 64–66.

227. Ярош Ю. М., Трусов Б. А. *Технологія виробництва сільськогосподарської продукції* : навч. посібник. Київ : Український Центр духовної культури, 2005. 524 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Вплив строків сівби і норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 258–262. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

2. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Ефективність використання регуляторів росту рослин в посівах ріпаку озимого в Степу України. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 145(2). С. 196–203. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

3. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Ефективність азотних підживлень ріпаку озимого в Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 319–323. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

4. **Шаповал С.С.,** Горщар В.І. Продуктивність гібридів ріпаку озимого в умовах міжсезонних кліматичних коливань за різних варіантів регуляції росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 34. С. 174–177. *(Особистий внесок 75 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).*

5. **Шаповал С. С.**, Горщар В. І. Вплив попередників на продуктивність ріпаку озимого в Степу України. *Наукові основи адаптивного землеробства*: мат. Міжнар. наук.–практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народження д-ра с.-г. наук, проф., акад. Ф. Т. Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров’я рослин (м. Дніпро, 16–17 травня 2024 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2024. С. 233–235. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

6. **Шаповал С. С.,** Горщар В. І. Продуктивність гібридів ріпаку озимого на фоні застосування регуляторів росту. *Стан і перспективи розробки та*

впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: мат. VIII Міжнар. наук.–практ. конф. до 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету (м. Дніпро, 19–20 листопада 2024 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2024. С. 65–67. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

7. **Шаповал С. С.,** Горщар В. І. Вплив строків сівби і норм висіву на зимостійкість і урожайність ріпаку озимого. *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі*: мат. V Всеукр. наук.–практ. конф. (с. Олександрівка, Дніпропетровська обл., 10 квітня 2025 р.). Дніпро, 2025. С. 199–201. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

8. **Шаповал С. С.,** Горщар В. І. Вплив норм і строків внесення азотних добрив на продуктивність ріпаку озимого в умовах Північного Степу України. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*: мат. IX Міжнар. наук.–практ. конф. (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р. / ДДАЕУ). Дніпро, 2025. С. 68–70. *(Особистий внесок 80 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

Додаток Б

А К Т

впровадження у виробництво закінчених наукових досліджень

1. Назва роботи, що впроваджується: «Оптимізація елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України»
2. Яким науково-дослідним закладом рекомендовано до впровадження: Дніпровський державний аграрно-економічний університет
3. Господарство, де здійснено впровадження: Товариство з обмеженою відповідальністю «ДВК» Синельниківський р-он, Дніпропетровська обл.
4. Складові елементи розробки: виробниче застосування елементів технології вирощування ріпаку озимого, зокрема оптимізованого строку сівби (близько 10 вересня), норми висіву 0,6–0,7 млн схожих насінин/га та системи весняного азотного живлення (раціональні та/або дробні режими залежно від умов року) з метою підвищення перезимівлі, вирівняності посівів і продуктивності.
5. Рік та обсяг впровадження: 2024-2025 рр., площа 160 га
6. Вид продукції: насіння ріпаку озимого гібрид Темптейшн; урожайність 4,25 т/га; приріст урожайності до стандартної 0,55 т/га.
7. Одержано фактичний ефект від впровадження на 1 га

Прибуток, грн/га		Виробничі витрати, грн.		Собівартість продукції, грн/т	
стандарт	розробка	стандарт	розробка	стандарт	розробка
41800	55600	38900	41200	10510	9690

8. Відповідальні за впровадження (прізвище, ім'я та по-батькові, посада):

а) від об'єкта впровадження: директор ТОВ «ДВК» Гапоненко Дмитро Миколайович

б) від Дніпровського державного аграрно-економічного університету: доцент кафедри рослинництва, к. с-г. н., Горщар В.І., аспірант Шаповал С.С.

Дійсним актом засвідчується рівень ефективності наукових розробок.

Акт складено «15» жовтня 2025 р.

Сторони, що виконують впровадження:

від ТОВ «ДВК» _____ Гапоненко Д.М.

від ДДАЕУ _____ Горщар В.І.

_____ Шаповал С.С.

Додаток В

А К Т

впровадження у виробництво закінчених наукових досліджень

1. Назва роботи, що впроваджується: «Оптимізація елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України»
2. Яким науково-дослідним закладом рекомендовано до впровадження: Дніпровський державний аграрно-економічний університет
3. Господарство, де здійснено впровадження: Товариство з обмеженою відповідальністю «Агроленд 2019» Синельниківський р-он, Дніпропетровська обл.
4. Складові елементи розробки: виробниче застосування елементів технології вирощування ріпаку озимого з урахуванням міжгібридних особливостей та системи весняного азотного живлення (раціональні/дробні режими за погодними умовами року), а також оптимізації густоти посіву (0,6–0,7 млн/га) для стабілізації продуктивності та якості насіння.
5. Рік та обсяг впровадження: 2024-2025 рр., площа 140 га
6. Вид продукції: насіння ріпаку озимого гібрид Темптейшн; урожайність 4,05 т/га; приріст урожайності до стандартної 0,45 т/га.
7. Одержано фактичний ефект від впровадження на 1 га

Прибуток, грн/га		Виробничі витрати, грн.		Собівартість продукції, грн/т	
стандарт	розробка	стандарт	розробка	стандарт	розробка
39900	51900	38400	40600	10940	10020

8. Відповідальні за впровадження (прізвище, ім'я та по-батькові, посада):

а) від об'єкта впровадження: директор ТОВ «Агроленд 2019» Козак Олег Вадимович

б) від Дніпровського державного аграрно-економічного університету: доцент кафедри рослинництва, к. с-г. н., Горщар В.І., аспірант Шаповал С.С.

Дійсним актом засвідчується рівень ефективності наукових розробок.

Акт складено «12» листопада 2025 р.

Сторони, що виконують впровадження:

від ТОВ «Агроленд 2019» _____ Козак О.В.

від ДДАЕУ _____ Горщар В.І.

_____ Шаповал С.С.

Додаток Г

А К Т

впровадження у виробництво закінчених наукових досліджень

1. Назва роботи, що впроваджується: «Оптимізація елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Північного Степу України».
2. Яким науково-дослідним закладом рекомендовано до впровадження: Дніпровський державний аграрно-економічний університет.
3. Господарство, де здійснено впровадження: Товариство з обмеженою відповідальністю «ХЕЛІАНТУС» Самарівський р-н, Дніпропетровська обл.
4. Складові елементи розробки: комплексне застосування елементів технології вирощування ріпаку озимого, що включає оптимізований строк сівби (близько 10 вересня), норму висіву 0,6–0,7 млн/га, систему весняного азотного живлення з урахуванням вологозабезпечення, а також осінню рострегуляцію у фазі 6–8 листків (Фолікур 0,8 л/га) з метою підвищення перезимівлі та вирівняності посівів у більш стресових умовах району.
5. Рік та обсяг впровадження: 2024-2025 рр., площа 120 га.
6. Вид продукції: насіння ріпаку озимого гібрид Темптейшн; урожайність 3,80 т/га; приріст урожайності до стандартної 0,35 т/га.
7. Одержано фактичний ефект від впровадження на 1 га

Прибуток, грн/га		Виробничі витрати, грн.		Собівартість продукції, грн/т	
стандарт	розробка	стандарт	розробка	стандарт	розробка
36400	46900	37800	39700	11640	10450

8. Відповідальні за впровадження (прізвище, ім'я та по-батькові, посада):

а) від об'єкта впровадження: директор ТОВ «ХЕЛІАНТУС» Ільїн Дмитро Іванович

б) від Дніпровського державного аграрно-економічного університету: доцент кафедри рослинництва, к. с-г. н., Горщар В.І., аспірант Шаповал С.С.

Дійсним актом засвідчується рівень ефективності наукових розробок.

Акт складено «17» жовтня 2025 р.

Сторони, що виконують впровадження:

від ТОВ «ХЕЛІАНТУС» _____ Ільїн Д.І.

від ДДАЕУ _____ Горщар В.І.

_____ Шаповал С.С.

Додаток Д

Агрохімічний паспорт грунту дослідної ділянки поля ТОВ «ДВК»

АГРОХІМІЧНИЙ ПАСПОРТ ПОЛЯ, ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ

Область Дніпропетровська Район Синельниківський Схема поля, земельної ділянки

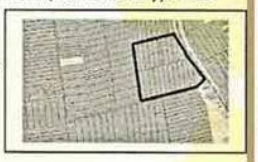
Населений пункт: за межами

Землекористувач: ТОВ «ДВК» Тип сільськогосподарських угідь: рілля

Код поля, земельної ділянки: 25 Площа поля, земельної ділянки: 116,2000 га

Координатна прив'язка:

Код, назва та площа грунтів(га): 60е – чорноземи звичайні малогумусні важкосуглинкові і легкоглинисті; 65е – чорноземи звичайні слабозмиті важкосуглинкові



Показники стану грунту	Методи визначення	Середньозважені величини за роками обстеження.					
		2023 р.	20__ р.	20__ р.	20__ р.	20__ р.	20__ р.
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Глибина гумусового горизонту, см							
Гранулометричний склад грунту:	ДСТУ 4730:2007						
фізична глина, %							
Мул, %							
Щільність грунту, г\см³	за Медвєдєвим В.В.	1,13					
Максимально можливий запас продуктивної вологи 0-100 см,мм	за Йовенко Н.Г.	176					
2. Кислотність, мг-екв/100 г							
гідролітична	ДСТУ 7537:2014	0,98					
Показники pH							
сольовий	ДСТУ ISO 10390:2007	6,2					
водний	ДСТУ ISO 10390:2007	7,1					
Сума увібраних основ (Ca-Mg) мг-екв\100г	МВ 003-2019	33,0					
Тип засолення	ДСТУ 8346:2015						
Ступінь засолення (при pHвод > 7,0)	ДСТУ 8346:2015						
Вміст у грунті:							
гумусу, %	ДСТУ 4289:2004	4,76					
Елементів живлення (мг/кг грунту)							
азоту, що легкогідролізується	ДСТУ 7863:2015	154,0					
азоту за нітрифікаційною здатністю	МВВ 002-2019	74,0					
сірки, мг\кг	ДСТУ 8347:2015	10,05					
3. Рухомі сполуки (мг\кг грунту)							
фосфор	ДСТУ 4115-2002	72,0					
калій	ДСТУ 4115-2002	268,0					
Рухомі форми (мг\кг грунту)							
марганець	ДСТУ 4770.1:2007	58,0					
цинк,	ДСТУ 4770.2:2007	0,30					
мідь	ДСТУ 4770.6:2007	0,16					
кобальт	ДСТУ 4770.5:2007	0,13					
бор	ОСТ 10-150-88	0,91					
молібдену	ОСТ 10-151-88						
кадмій	ДСТУ 4770.3:2007	0,22					
свинець	ДСТУ 4770.9:2007	5,24					
ртуть	МУ М.: ЦИНАО, 1992.	0,018					
4. Залишки пестицидів мг\кг грунту							
Дихлордифенілтрихлоретан і його метаболіти	ДСТУ ISO 14101:2004	0,0					
гексахлоран (сума ізомерів) мг\кг	ДСТУ ISO 14101:2004	0,0					
2.4Д-амінна сіль	ДСТУ ISO 14101:2004	0,0					
Щільність забруднення Кі/км²							
цезієм-137	СОУ 74.3-37-360:2005	0,05					
стронцієм-90	СОУ 74.3-37-360:2005	0,013					
Агрохімічна оцінка	Методика Київ 2019	79					
Еколого - агрохімічна оцінка	Методика Київ 2019	65					

Директор Південно-східного міжрегіонального центру
ДУ «Держгрунтохорона» Сергій ЖУЧЕНКО

Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 грудня 2011 р. за № 1517/20255

216636