МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГУДЗЕНКО ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ

УДК 631.559:633.35:631.53.02:631.582(477.7)

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Спеціальність **201 – Агрономія**

Галузь знань **20 – Аграрні науки та продовольство**

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник:
Іжболдін Олександр Олександрович,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Дніпро – 2026

АНОТАЦІЯ

Гудзенко О. Г. **Удосконалення елементів технології вирощування гороху 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.

Горох посівний (*Pisum sativum* L.) є важливою зернобобовою культурою України завдяки високій білковості зерна, продовольчій і кормовій цінності та агроекологічній ролі у сівозмінах. У степовій зоні нестійке вологозабезпечення та періодичні повітряно-грунтові посухи обмежують реалізацію потенціалу врожайності зерна та покращують технологічні рішення для стабілізації продуктивності. Ключове значення має базовий агрофон, сформований попередником, оскільки він визначає запаси доступної вологи, фітосанітарний стан посівів і умови живлення рослин. Водночас дієвим інструментом підвищення стійкості посівів є передпосівна обробка насіння, яка поєднує фунгіцидний захист з біологізацією завдяки інокуляції. За посушливих умов формування сходів і збереженість рослин значною мірою визначають врожайність зерна, тому важливо обґрунтувати раціональні комбінації препаратів з урахуванням попередників. Отже, оптимізація поєднання попередника та системи передпосівної обробки насіння гороху в умовах Північного Степу України є актуальним науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення стабільності врожайності, поліпшення якості зерна та зростання економічної і біоенергетичної ефективності вирощування.

Метою досліджень було встановити вплив попередників та передпосівної обробки насіння (протруйники, інокулянти і їх поєднання) на формування посівів, динаміку росту і розвитку, продуктивність, якість зерна, а також економічну і біоенергетичну ефективність вирощування гороху в умовах Північного Степу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення наступних завдань: оцінити вплив попередника і варіантів обробки насіння на посівні якості та польову реалізацію потенціалу насіння, зокрема лабораторну схожість за ДСТУ, показники cold test і польову схожість; встановити особливості формування густоти та збереженості рослин упродовж вегетації залежно від попередника і схем передпосівної обробки насіння; визначити вплив досліджуваних факторів на тривалість міжфазних періодів і загальну тривалість вегетації гороху; з’ясувати дію попередника та передпосівної обробки насіння на морфологічні показники росту, зокрема висоту рослин і висоту прикріплення нижнього бобу; оцінити формування асиміляційної поверхні та фотосинтетичну продуктивність посівів за показниками площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, накопичення сухої речовини і чистої продуктивності фотосинтезу; встановити вплив регуляторних факторів на розвиток бобово-ризобіального симбіозу, зокрема кількість і масу загальних та активних бульбочок і інтегральні показники симбіозу, а також обсяг симбіотично фіксованого азоту; визначити вплив попередника і схем передпосівної обробки насіння на елементи структури і рівень урожайності та показники якості зерна; розрахувати економічну ефективність і біоенергетичну результативність технологічних рішень та обґрунтувати практичні рекомендації виробництву щодо раціонального добору попередника і передпосівної обробки насіння в зоні Північного Степу України.

Польові дослідження проводили у 2023–2025 рр. у Північному Степу України на чорноземі звичайному малогумусовому середньосуглинковому. Польовий двофакторний дослід включав фактор А – попередник (пшениця озима, соняшник) і фактор В – передпосівна обробка насіння (контроль без обробки; фунгіцидні протруйники Вайбранс РФС (1 л/т), Редіго (1 л/т), Сферіко (1 л/т), Авідо (1 л/т); інокуляційні системи Ризолайн (3 л/т)+ Ризосейв (1 л/т) та Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); їх комбінації інокулянт + фунгіцидний протруйник).

В результаті проведених досліджень встановлено, що посівні якості

насіння гороху після передпосівної обробки мали виражені особливості залежно від методу оцінки. Лабораторна схожість за ДСТУ у варіантах із застосуванням фунгіцидних протруйників знижувалася з 94,2 % у контролі до 89,8 %, тоді як інокуляційні схеми забезпечували її підвищення до 97,3 %. За cold test, що моделює польові стресові умови проростання, схожість зростала з 84,1 % у контролі до 93,5 % за використання інокулянту Ризолайн (3 л/т) у поєднанні з біопротектором Ризосейв (1 л/т) та фунгіцидним протруйником Вайбранс РФС (1 л/т). Поряд з цим польова схожість стабільно підвищувалася під впливом передпосівної обробки насіння, а найвищу ефективність забезпечували схеми з біологічними компонентами. Після пшениці озимої показник польової схожості зростав з 80,3 % до 89,3 %, після соняшнику з 74,1 % до 85,2 %, що підтверджує вищу технологічну доцільність обробки насіння на менш сприятливому агрофоні. Важливим наслідком такого впливу стала збереженість рослин упродовж вегетації, яка суттєво зростала за поєднання інокуляції з протруюванням і була ключовою ознакою адаптивності посівів до посушливих умов. Після пшениці озимої виживання підвищувалося з 83,7 % до 93,1 % з приростом передзбиральної густоти до 108 шт./м² порівняно з 87 шт./м² у контролі, а після соняшнику з 80,2 % до 91,9 % з підвищенням густоти стояння до 102 шт./м² порівняно з 77 шт./м² у контролі.

Фенологічний розвиток і тривалість вегетації визначалися попередником та схемою передпосівної обробки насіння. На контролі без обробки вегетація була тривалішою після пшениці озимої і становила 88 діб, тоді як після соняшнику вона дорівнювала 86 добам, а інокуляційні та комбіновані схеми подовжували вегетаційний період до 92–95 діб після пшениці та до 89–93 діб після соняшнику. Узгоджено з цим морфологічні показники росту підтвердили перевагу попередника пшениця озима та синергію інокуляції з фунгіцидним захистом. Висота рослин підвищувалася після пшениці озимої з 65,1 до 68,1 см, після соняшнику з 61,9 до 65,5 см, а висота прикріплення нижнього бобу зростала на 0,7–1,1 см, що зменшує потенційні втрати під час комбайнового збирання. Посилення ростових процесів супроводжувалося інтенсивнішим

формуванням листкової поверхні та підвищенням інтегральної фотосинтетичної продуктивності посівів у результаті передпосівної інокуляції, особливо у комбінаціях з протруйниками. Максимального значення площа листкової поверхні досягала у фазі цвітіння і становила 40,5 тис. м²/га після пшениці озимої та 37,4 тис. м²/га після соняшнику, що супроводжувалося зростанням фотосинтетичного потенціалу до 1,97 млн м²·діб/га та 1,75 млн м²·діб/га, відповідно. Водночас чиста продуктивність фотосинтезу мала тенденцію до зниження як закономірний наслідок збільшення площі листкової поверхні.

Симбіотична активність найбільшою мірою визначалася інокуляцією насіння та її поєднанням із фунгіцидними протруйниками. У фазу цвітіння кількість бульбочок після пшениці озимої зростала з 19,3 шт./рослину загальних і 17,5 шт./рослину активних до 28,3 шт./рослину та 25,4 шт./рослину, відповідно, а після соняшнику з 18,0 шт./рослину загальних і 16,1 шт./рослину активних до 26,8 шт./рослину та 23,7 шт./рослину, відповідно. Така динаміка узгоджувалася з підвищенням інтегральних показників симбіозу та приростом симбіотично фіксованого азоту з 31,0 кг/га до 62,3 кг/га після пшениці озимої і з 25,9 кг/га до 55,8 кг/га після соняшнику. Урожайність зерна гороху сорту Мадонна та її структурні елементи істотно визначалися попередником, оскільки ланка сівозміни пшениця озима – горох забезпечувала кращу реалізацію продуктивності та формувала перевагу врожайності в середньому на 0,22–0,25 т/га порівняно з ланкою сівозміни соняшник – горох. Після пшениці озимої також одержували вищу якість зерна, зокрема вміст білка досягав 24,2 %, а вміст жиру становив 1,53 %. Передпосівна обробка насіння істотно модифікувала продуктивність і якість, при цьому фунгіцидні протруйники забезпечували помірне, але достовірне підвищення показників відносно контролю, тоді як максимальний ефект досягався за комплексної схеми інокулянт Ризолайн у поєднанні з біопротектором Ризосейв та фунгіцидними протруйниками. За 2023–2025 рр. приріст врожайності між контролем і найефективнішими варіантами передпосівної обробки становив 0,35–0,37 т/га після пшениці озимої та 0,38–0,40 т/га після соняшнику, що відповідало збільшенню збору білка на 0,06–0,08 т/га і

жиру на 0,004–0,006 т/га.

Досліджено вплив попередника та передпосівної обробки насіння на динаміку вмісту N–NO_3, P_2O_5 і K_2O в ґрунті під горохом (2023–2025 рр.). Після пшениці озимої базова забезпеченість була вищою, ніж після соняшнику, що вже у фазі 4–6 листків у контролі становило: N–NO_3 18,0 мг/кг і 14,8 мг/кг, P_2O_5 112 мг/кг і 98 мг/кг, K_2O 145 мг/кг і 128 мг/кг відповідно. Упродовж вегетації за обома попередниками показники закономірно знижувалися до повної стиглості, однак передпосівна обробка підтримувала вищий рівень доступних форм NPK. Найефективнішою була схема Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, яка у фазі 4–6 листків забезпечувала N–NO_3 на рівні 22,8 мг/кг після пшениці озимої та 19,8 мг/кг після соняшнику, а в повну стиглість – 14,0 мг/кг і 12,2 мг/кг відповідно, одночасно підвищуючи P_2O_5 до 124 мг/кг і 110 мг/кг та K_2O до 160 мг/кг і 142 мг/кг, відповідно до попередників.

Економічна ефективність визначалася поєднанням попередника та схеми передпосівної обробки насіння гороху. Після пшениці озимої умовно чистий прибуток становив 9018–12176 грн/га за рентабельності 47,9–62,1 %, тоді як після соняшнику він дорівнював 6268–9756 грн/га за рентабельності 33,3–49,7 %. Фунгіцидні протруйники підвищували рентабельність до 51,8–52,9 % і 37,9–39,2 % відповідно до попередника, а максимальні економічні показники забезпечила схема Ризолайн + Ризосейв + Сферіко після пшениці озимої, за якої умовно чистий прибуток становив 12176 грн/га, а рентабельність досягала 62,1 %, що на 14,2 % вище контролю. Технологічні схеми Атува + Премакс були економічно непереконливими через вищі витрати, оскільки їх рентабельність становила 51,3–54,7 % після пшениці та 37,5–42,5 % після соняшнику. Найкращі біоенергетичні показники також формувалися після пшениці озимої, особливо за схем передпосівної обробки насіння Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС або Сферіко. За цих умов коефіцієнт енергетичної ефективності зростав з 2,32 до 2,59, а енергоємність 1 т зерна знижувалась з 6482 до 5803 МДж, тоді як після соняшнику відповідні показники становили 2,10–2,41 та 7158–6261 МДж.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні

адаптивно-інтенсивного технологічного рішення вирощування гороху для Північного Степу України з урахуванням попередника та рівня інтенсивності виробництва. Для підвищення стабільності продуктивності гороху доцільно розміщувати його в сівозміні переважно після пшениці озимої, а за попередника соняшнику застосовувати інтенсивні схеми передпосівної обробки насіння з поєднанням інокулянта, біопротектора і фунгіцидного протруйника. Подальші дослідження доцільно спрямувати на виробничу адаптацію рекомендованих елементів технології вирощування гороху для господарств різного рівня інтенсивності, уточнення їх ефективності за різних гідротермічних умов і агрофонів та оцінку довготривалого впливу на симбіотичну активність і родючість ґрунту в сівозміні.

Ключові слова: горох, бобові, сорт, інокуляція, протруйник, бактеризація, посівні якості, мінеральні добрива, мікроелементи, індивідуальна продуктивність, біологічна фіксація азоту, площа асиміляційної поверхні посіву, біохімічні показники, структура урожаю, урожайність.

ABSTRACT

Hudzhenko O.H. **Improvement of pea cultivation technology elements in the Northern Steppe of Ukraine. Qualification scientific work as a manuscript.**

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 201 Agronomy. Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2025.

Field pea (*Pisum sativum* L.) is an important grain legume crop in Ukraine due to the high protein content of its grain, its food and feed value, and its agroecological role in crop rotations. In the Steppe zone, unstable moisture supply and recurrent atmospheric and soil droughts limit the realization of grain yield potential and increase the need for improved technological solutions to stabilize productivity. The baseline agro-background shaped by the preceding crop is crucial because it determines plant-available water reserves, the phytosanitary status of the stand, and the initial nutrient regime. At the same time, an effective tool for improving crop resilience is pre-sowing

seed treatment, which combines fungicidal protection with biologization through inoculation. Under drought conditions, crop establishment and plant survival largely determine grain yield; therefore, it is important to substantiate rational combinations of products with due regard to the preceding crop. Thus, optimizing the combination of the preceding crop and the seed pre-treatment system for pea under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine is a relevant scientific and practical task aimed at improving yield stability, grain quality, and the economic and bioenergy efficiency of production.

The aim of the study was to determine the effects of preceding crops and seed pre-sowing treatment (fungicidal seed dressings, inoculants, and their combinations) on stand formation, growth and development dynamics, productivity, grain quality, and the economic and bioenergy efficiency of pea cultivation in the Northern Steppe of Ukraine.

To achieve this aim, the following objectives were addressed: to evaluate the effects of the preceding crop and seed treatment variants on seed performance and its field realization, including laboratory germination according to DSTU (Ukrainian State Standard), cold test indices, and field emergence; to establish the features of stand density formation and plant survival during the growing season depending on the preceding crop and seed treatment schemes; to determine the effects of the studied factors on the duration of interphase periods and the total length of the growing season; to clarify the influence of the preceding crop and seed treatment on morphological growth traits, in particular plant height and the height of the lowest pod attachment; to assess leaf area formation and photosynthetic productivity using leaf area, photosynthetic potential, dry matter accumulation, and net photosynthetic productivity; to determine the effects of regulatory factors on the development of the legume–rhizobial symbiosis, including the number and mass of total and active nodules, integral symbiosis indices, and the amount of symbiotically fixed nitrogen; to determine the influence of the preceding crop and seed treatment schemes on yield structure components, grain yield level, and grain quality indices; to calculate economic efficiency and bioenergy performance of the technological solutions and to substantiate

practical recommendations for production regarding the rational choice of preceding crops and seed pre-sowing treatment in the Northern Steppe of Ukraine.

Field experiments were conducted in 2023 to 2025 in the Northern Steppe of Ukraine on ordinary chernozem (low-humus, medium loam). The two-factor field trial included factor A, preceding crop (winter wheat, sunflower), and factor B, seed pre-sowing treatment (untreated control; fungicidal seed dressings Vibrance FRS 1 L/t, Redigo 1 L/t, Sferico 1 L/t, Avido 1 L/t; inoculation systems Rizolain 3 L/t + Rizosave 1 L/t and Atuva 2 L/t + Premax 0.5 L/t; and combinations of inoculant plus fungicidal seed dressing).

The results showed that the seed performance of pea after pre-sowing treatment differed markedly depending on the assessment method. Laboratory germination (DSTU) decreased in the variants with fungicidal seed dressings from 94.2% in the control to 89.8%, whereas inoculation-based schemes increased it to 97.3%. In the cold test, which simulates stressful field conditions during germination, germination increased from 84.1% in the control to 93.5% when using Rizolain (3 L/t) combined with the bioprotector Rizosave (1 L/t) and the fungicidal seed dressing Vibrance FRS (1 L/t). At the same time, field emergence increased consistently under seed treatment, with the highest effectiveness observed for schemes including biological components. After winter wheat, field emergence increased from 80.3% to 89.3%; after sunflower, it increased from 74.1% to 85.2%, confirming the higher technological relevance of seed treatment under the less favorable agro-background.

An important consequence of this effect was plant survival during the growing season, which increased substantially when inoculation was combined with seed dressing and served as a key indicator of stand adaptability to drought conditions. After winter wheat, survival increased from 83.7% to 93.1%, with pre-harvest density rising to 108 plants/m² compared with 87 plants/m² in the control. After sunflower, survival increased from 80.2% to 91.9%, and stand density increased to 102 plants/m² compared with 77 plants/m² in the control.

Phenological development and the length of the growing season depended on the preceding crop and the seed treatment scheme. In the untreated control, the growing

season was longer after winter wheat (88 days) than after sunflower (86 days), while inoculation and combined schemes extended the growing period to 92 to 95 days after winter wheat and to 89 to 93 days after sunflower. Consistent with this, morphological growth traits confirmed the advantage of winter wheat as the preceding crop and the synergy of inoculation with fungicidal protection. Plant height increased after winter wheat from 65.1 to 68.1 cm, and after sunflower from 61.9 to 65.5 cm; the height of the lowest pod attachment increased by 0.7 to 1.1 cm, which reduces potential losses during combine harvesting.

Enhanced growth was accompanied by more intensive leaf area development and higher integral photosynthetic productivity as a result of pre-sowing inoculation, particularly in combination with fungicidal seed dressings. Maximum leaf area was recorded at flowering and reached 40.5 thousand m²/ha after winter wheat and 37.4 thousand m²/ha after sunflower, which was associated with an increase in photosynthetic potential to 1.97 and 1.75 million m²·days/ha, respectively. At the same time, net photosynthetic productivity tended to decrease as a natural consequence of increased leaf area.

Symbiotic activity was determined primarily by seed inoculation and its combination with fungicidal dressings. At flowering, the number of nodules after winter wheat increased from 19.3 total and 17.5 active nodules per plant to 28.3 total and 25.4 active nodules per plant; after sunflower, it increased from 18.0 total and 16.1 active nodules per plant to 26.8 total and 23.7 active nodules per plant. This pattern was consistent with increased integral symbiosis indices and a rise in symbiotically fixed nitrogen from 31.0 to 62.3 kg/ha after winter wheat and from 25.9 to 55.8 kg/ha after sunflower.

Grain yield of pea cultivar Madonna and its structural components were strongly influenced by the preceding crop, as the winter wheat–pea rotation link ensured better realization of productivity and provided an average yield advantage of 0.22 to 0.25 t/ha compared with the sunflower–pea link. After winter wheat, grain quality was also higher; in particular, protein content reached 24.2%, and fat content was 1.53%. Seed pre-sowing treatment substantially modified productivity and quality. Fungicidal

dressings provided a moderate but significant improvement over the control, whereas the maximum effect was achieved with the complex scheme based on Rizolain combined with Rizosave and fungicidal seed dressings. Over 2023 to 2025, the yield increase between the control and the most effective seed treatment variants was 0.35 to 0.37 t/ha after winter wheat and 0.38 to 0.40 t/ha after sunflower, corresponding to an increase in protein yield by 0.06 to 0.08 t/ha and fat yield by 0.004 to 0.006 t/ha.

The dynamics of soil nutrient availability (2023 to 2025) showed that after winter wheat the baseline supply exceeded that after sunflower already at the 4–6 leaf stage in the control, where $N–NO_3$ was 18.0 vs 14.8 mg/kg, P_2O_5 was 112 vs 98 mg/kg, and K_2O was 145 vs 128 mg/kg, respectively. During the growing season, these indices decreased towards full maturity under both preceding crops; however, seed pre-sowing treatment maintained higher levels of available NPK forms. The most effective scheme was Rizolain + Rizosave + Vibrance FRS, which provided $N–NO_3$ of 22.8 mg/kg after winter wheat and 19.8 mg/kg after sunflower at the 4–6 leaf stage, and 14.0 vs 12.2 mg/kg at full maturity, while increasing P_2O_5 to 124 vs 110 mg/kg and K_2O to 160 vs 142 mg/kg depending on the preceding crop.

Economic efficiency was determined by the combination of the preceding crop and the seed treatment scheme. After winter wheat, conditional net profit amounted to 9,018 to 12,176 UAH/ha with profitability of 47.9 to 62.1%, whereas after sunflower it was 6,268 to 9,756 UAH/ha with profitability of 33.3 to 49.7%. Fungicidal dressings increased profitability to 51.8 to 52.9% after winter wheat and to 37.9 to 39.2% after sunflower. The highest economic results were obtained for Rizolain + Rizosave + Sferico after winter wheat, where conditional net profit was 12,176 UAH/ha and profitability reached 62.1%, which was 14.2% higher than the control. The Atuva + Premax schemes were economically less convincing due to higher costs, as their profitability ranged from 51.3 to 54.7% after winter wheat and from 37.5 to 42.5% after sunflower. The best bioenergy performance was also recorded after winter wheat, especially for the schemes Rizolain + Rizosave combined with Vibrance FRS or Sferico. Under these conditions, the energy efficiency coefficient increased from 2.32 to 2.59, and the energy intensity per 1 t of grain decreased from 6,482 to 5,803 MJ,

whereas after sunflower the corresponding values were 2.10 to 2.41 and 7,158 to 6,261 MJ.

The practical value of the results lies in substantiating an adaptive intensive technology for pea cultivation in the Northern Steppe of Ukraine considering the preceding crop and the level of production intensity. To improve yield stability, pea should be placed in rotation preferably after winter wheat; when sunflower is the preceding crop, intensive seed treatment schemes combining an inoculant, a bioprotector, and a fungicidal seed dressing are advisable. Further research should focus on on-farm adaptation of the recommended technology elements for farms with different intensity levels, refinement under contrasting hydrothermal conditions and agro-backgrounds, and assessment of long-term effects on symbiotic activity and soil fertility within crop rotations.

Keywords: pea, legumes, cultivar, inoculation, fungicidal seed treatment, seed bacterization, rhizobia, seed sowing qualities, microbial preparation, mineral fertilizers, trace elements, individual plant productivity, assimilative surface area of the crop stand, biochemical parameters, plant protection, crop weediness, correlation, yield.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Реакція врожайності зерна гороху на використання інокулянтів і протруйників за різних попередників у степовій зоні України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.* Кам'янець-Подільський. 2025. № 49. С. 44–49. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.6 (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті*).

2. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Вплив передпосівної обробки насіння на біометричні показники та врожайність зерна гороху після різних попередників. *Український журнал природничих наук.* 2025. № 12. С. 242–249. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025 (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті*).

3. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Біоенергетичні та економічні параметри оцінки вирощування гороху за різних схем передпосівної обробки насіння та попередників. *Аграрні інновації.* 2025. № 33. С. 85–90. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.14 (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті*).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези і матеріали наукових конференцій

4. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Врожайність зерна гороху залежно від комбінованого застосування інокулянтів і фунгіцидних протруйників. *Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. ювілей. датам від дня народж. фундаторів захисту і карантину рослин проф. В. Г . Аверіна, Т. Д. Страхова, Й. Т . Покозія

та Є. М. Білецького, Харків, 23–24 жовт. 2025 р. / [редкол.: О. В. Романов, І. В. Забродіна, С. В. Станкевич] ; МОН України ; Держ. біотехнол. ун-т ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України [та ін.]. Харків : Право, 2025. С. 82–83. https://doi.org/10.31359/9786178617578 *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

5. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Ефективність інокулянтів і фунгіцидних протруйників при вирощуванні гороху після різних попередників. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «*Аграрна наука: стан та перспективи розвитку»* (м. Одеса, 30-31 жовтня 2025 р.). Одеса : ОДАУ, 2025. С. 129–132. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

6. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Оцінка біоенергетичної та економічної ефективності вирощування гороху за різних попередників і технологічних схем передпосівної обробки насіння. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції *«Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2025. С. 15–16. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

ЗМІСТ

стор.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ……... 18

ВСТУП…… 19

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА ГОРОХУ ТА НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ (огляд літератури)…….. 25

1.1. Біологічні особливості гороху та його значення у зерновиробництві…… 25

1.2. Сучасні тенденції вирощування гороху в Україні та світі в умовах воєнних і кліматичних ризиків……. 31

1.3. Реалізація потенціалу зернової продуктивності гороху за різних попередників і передпосівної обробки насіння…….. 39

Висновки до розділу 1……... 50

РОЗДІЛ 2 ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ……. 52

2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика дослідної ділянки…….. 52

2.2. Погодні умови та гідротермічна ситуація в роки проведення досліджень……... 57

2.3. Методика проведення досліджень……..... 63

2.4. Характеристика сорту та досліджуваних препаратів… 69

Висновки до розділу 2…….. 73

РОЗДІЛ 3 РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ……. 75

3.1. Схожість насіння гороху під впливом попередників та передпосівної обробки насіння……. 75

3.2. Густота рослин гороху і виживання залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників……... 81
3.3. Вплив елементів технології вирощування на проходження фаз розвитку та тривалість вегетаційного періоду гороху……. 85
3.4. Формування висоти рослин гороху залежно від передпосівної обробки насіння та різних попередників….. 90
3.5. Фотосинтетична продуктивність гороху залежно від передпосівної обробки насіння після різних попередників. 95
3.6. Симбіотична азотфіксувальна здатність гороху за різних попередників і варіантів передпосівної обробки насіння…….. 102
3.7. Симбіотичний потенціал та біологічна фіксація азоту горохом залежно від передпосівної обробки насіння та попередників…….. 110
3.8. Динаміка вмісту рухомих сполук азоту, фосфору і калію в ґрунті в посівах гороху……... 116
Висновки до розділу 3……... 124
РОЗДІЛ 4 ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ…… 127
4.1. Формування структурних елементів урожаю гороху під впливом попередників і передпосівної підготовки насіння……..... 127
4.2. Реалізація врожайного потенціалу гороху за різних попередників і способів передпосівної обробки насіння……..... 132

4.3. Показники якості зерна гороху посівного за різних поєднань попередників і схем передпосівної обробки насіння……..… 137
Висновки до розділу 4……... 144
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНА ГОРОХУ ЗА РІЗНИХ СХЕМ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ...…… 147
5.1. Економічна оцінка елементів технології вирощування зерна гороху……..….. 147
5.2. Енергетична ефективність елементів технології вирощування зерна гороху……..... 153
Висновки до розділу 5……. 158
ВИСНОВКИ……. 161
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ……..... 165
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 166
ДОДАТКИ…… 194

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АСП – активний симбіотичний потенціал

ВВСН – загальноприйнята у світі шкала фаз росту і розвитку рослин

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ДДАЕУ – Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ДР – державна реєстрація

ДСТУ – державний стандарт України

ЗСП – загальний симбіотичний потенціал

КУО – колонієутворювальних одиниць

НААН – Національна академія аграрних наук

НВ – польова вологоємність

НДП ННЦ – науково-дослідне поле навчально-наукового центру

НІР – найменша істотна різниця

ОЦГ – обласний центр з гідрометеорології

РЦГМ – регіональний центр з гідрометеорології

ФП – фотосинтетичний потенціал

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

FRAC – Fungicide Resistance Action Committee

SD – standard deviation

ВСТУП

Актуальність теми. Горох посівний є ключовою зернобобовою культурою для землеробства України завдяки поєднанню продовольчої та кормової цінності зерна, високій білковості та важливій агроекологічній ролі у сівозмінах. У сучасних умовах зростає потреба у стабільному виробництві рослинного білка, водночас посилюються кліматичні ризики, насамперед у степовій зоні, де нестійке зволоження і періодичні повітряно-ґрунтові посухи істотно обмежують реалізацію потенціалу врожайності та підвищують варіабельність результатів між роками.

Для Північного Степу визначальним чинником продуктивності гороху є стартовий агрофон, який формується попередником і задає вихідні параметри вологозабезпечення, фітосанітарного стану та умов мінерального живлення на початку вегетації. Саме тому технологічне рішення щодо розміщення гороху в сівозміні набуває прикладного значення, оскільки різні попередники істотно відрізняються за впливом на запаси продуктивної вологи, структуру ґрунту, забур’яненість і післядію на ріст та розвиток культури.

Водночас у технології вирощування гороху особливу роль відіграє передпосівна обробка насіння, яка виконує функції фітосанітарного захисту та біологізації агрофону. У посушливих умовах Північного Степу саме якість формування сходів і збереженість рослин упродовж вегетації часто визначають рівень майбутньої врожайності, а тому поєднання протруйників із інокулянтами та біопротекторами розглядається як один із найбільш дієвих інструментів стабілізації продуктивності. Практична потреба полягає не лише в оцінці ефективності окремих препаратів, а у встановленні раціональних комбінацій, які забезпечують узгоджену дію на формування посіву, розвиток асиміляційного апарату, активність бобово-ризобіального симбіозу та, як наслідок, на врожайність і якість зерна.

Отже, удосконалення елементів технології вирощування гороху сорту Мадонна шляхом оптимізації поєднання попередника та системи передпосівної

обробки насіння в умовах Північного Степу України є актуальним науково-практичним завданням. Його розв'язання спрямоване на підвищення стійкості агроценозу до гідротермічних стресів, забезпечення прогнозованого рівня урожайності, поліпшення показників якості зерна та зростання економічної і біоенергетичної ефективності виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи були складовою частиною напрямку наукової діяльності кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету: «Розробити та науково обґрунтувати елементи екологічно-збалансованих технологій вирощування польових культур в умовах Степу України» за № ДР 0120U104843.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було встановити вплив попередників та передпосівної обробки насіння (протруйники, інокулянти і їх поєднання) на формування посіву, динаміку росту і розвитку, продуктивність, якість зерна, а також економічну і біоенергетичну ефективність вирощування гороху посівного сорту Мадонна в умовах Північного Степу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення наступних завдань:

– оцінити вплив попередника і варіантів обробки насіння на посівні якості та польову реалізацію потенціалу насіння, зокрема лабораторну схожість за ДСТУ, показники cold test і польову схожість;

– встановити особливості формування густоти та збереженості рослин упродовж вегетації залежно від попередника і схем передпосівної обробки насіння;

– визначити вплив досліджуваних факторів на тривалість міжфазних періодів і загальну тривалість вегетації гороху;

– з'ясувати дію попередника та передпосівної обробки насіння на морфологічні показники росту, зокрема висоту рослин і висоту прикріплення нижнього бобу;

– оцінити формування асиміляційної поверхні та фотосинтетичну продуктивність посівів за показниками площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, накопичення сухої речовини і чистої продуктивності фотосинтезу;

– встановити вплив регуляторних факторів на розвиток бобово-ризобіального симбіозу, зокрема кількість і масу загальних та активних бульбочок і інтегральні показники симбіозу, а також обсяг симбіотично фіксованого азоту;

– оцінити динаміку вмісту нітратного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію у ґрунті під посівами гороху в основні фази розвитку залежно від попередника і схем передпосівної обробки насіння;

– визначити вплив попередника і схем передпосівної обробки насіння на елементи структури і рівень урожайності та показники якості зерна;

– розрахувати економічну ефективність і біоенергетичну результативність технологічних рішень та обґрунтувати практичні рекомендації виробництву щодо раціонального добору попередника і передпосівної обробки насіння в зоні Північного Степу України.

Об'єкт дослідження – процеси формування зернової продуктивності гороху залежно від попередників та передпосівної обробки насіння.

Предмет дослідження – горох сорту Мадонна, попередники пшениця озима і соняшник, фунгіцидні протруйники та інокулянти, урожайність і якість зерна, економічна та біоенергетична ефективність.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс польових і лабораторних методів. Досліди виконували за загальноприйнятими методиками польового експерименту з використанням сертифікованого вимірювального та лабораторного обладнання. Методологічну основу становили емпіричні й теоретичні підходи, зокрема постановка наукової проблеми та робочої гіпотези, системний аналіз і порівняння результатів, їх узагальнення, інтерпретація та елементи моделювання. У польових дослідах проводили фенологічні спостереження, обліки та вимірювання показників росту, розвитку й

продуктивності з подальшим математико-статистичним опрацюванням. Статистичну оцінку даних здійснювали методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів із використанням сучасного програмного забезпечення.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні закономірностей впливу попередника та передпосівної обробки насіння гороху сорту Мадонна із застосуванням фунгіцидних протруйників, інокулянтів і їх поєднань на формування посівів, особливості вегетації, розвиток фотосинтетичного та симбіотичного апаратів, урожайність, якість зерна, а також показники економічної і біоенергетичної ефективності в умовах Північного Степу України за нестійкого вологозабезпечення.

Уперше:

– обґрунтовано інтегрований вплив поєднання попередника та передпосівної обробки насіння на посівні якості, формування сходів і збереженість рослин упродовж вегетації;

– встановлено, що комбіновані схеми інокуляції з протруюванням є найбільш результативними для посилення симбіотичної активності, стабілізації продуктивності посівів і часткового нівелювання обмежень менш сприятливого агрофону.

Удосконалено:

– підходи до передпосівної підготовки насіння гороху для умов Північного Степу шляхом обґрунтування доцільності поєднання інокулянта з біопротектором і фунгіцидними протруйниками як адаптивно інтенсивного елемента технології;

– методичні підходи до оцінювання посівних якостей насіння з урахуванням показників, наближених до польових умов, для підвищення точності прогнозу польової схожості.

Набули подальшого розвитку:

– положення щодо ролі попередника у формуванні густоти продуктивного стеблостою, тривалості міжфазних періодів і загальної вегетації гороху за різних схем передпосівної обробки насіння;

– уявлення про взаємозв’язок між параметрами асиміляційної поверхні, фотосинтетичною продуктивністю та формуванням урожаю за інокуляційних і комбінованих схем обробки насіння;

– підходи до комплексної оцінки технологічних рішень у вирощуванні гороху за поєднанням агробіологічних, економічних і біоенергетичних критеріїв ефективності.

Практичне значення. Для господарств Північного Степу України найбільш доцільним є вирощування гороху сорту Мадонна після попередника пшениця озима із комплексною передпосівною обробкою насіння Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) у поєднанні з фунгіцидним протруйником, зокрема Сферіко (1 л/т) або Вайбранс РФС (1 л/т). Таке рішення забезпечує стабільний приріст урожайності відносно контролю на 0,35–0,37 т/га після пшениці озимої та на 0,38–0,40 т/га після соняшнику, а також підвищує збір білка на 0,06–0,08 т/га і жиру на 0,004–0,006 т/га.

Експериментальні напрацювання, отримані в дослідженні з удосконалення технології вирощування гороху сорту Мадонна (з урахуванням попередників пшениця озима та соняшник і варіантів передпосівної обробки насіння протруйниками та інокулянтами), пройшли апробацію в умовах виробництва та підтвердили агрономічну доцільність запропонованих рішень. Практичне впровадження елементів технології здійснювали у підприємствах Північного Степу України, зокрема в ДП ДГ «Дніпро» ДУ Інституту зернових культур НААН України Дніпровського району Дніпропетровської області на площі 17 га та в товаристві з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс Добробут» на площі 8 га.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням автора. Здобувачем опрацьовано літературні джерела, обґрунтовано схему та програму досліджень, виконано закладання та проведення польових дослідів у 2023–2025 рр., проведено обліки та лабораторне оцінювання показників. Автор здійснив статистичну обробку даних, їх наукове узагальнення, сформулював висновки та рекомендації виробництву, підготував рукопис

дисертації та матеріали апробації, а також забезпечив підготовку публікацій за темою роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідалися та обговорювалися на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Захист і карантин рослин у XXI столітті, проблеми і перспективи» (Харків, 23–24 жовтня 2025 р.), V Всеукраїнській науково-практичній конференції «Аграрна наука, стан та перспективи розвитку» (Одеса, 30–31 жовтня 2025 р.), а також на IX Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.).

Отримані результати та розроблені рекомендації використовували в Дніпровському державному аграрно-економічному університеті у межах лекційних і практичних занять.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 6 наукових працях, у тому числі наукових фахових виданнях України – 3, тезах і матеріалах наукових конференцій – 3.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Роботу викладено на 210 сторінках комп’ютерного тексту, яка містить 37 таблиць, 15 рисунків. Список використаних літературних джерел включає 226 найменувань, у тому числі – 74 латиницею.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА ГОРОХУ ТА НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ (огляд літератури)

Сучасне виробництво зернобобових в Україні формується під впливом ринкових і зовнішньоекономічних чинників, а також воєнних обмежень, що ускладнюють доступ до ресурсів і логістику та підвищують виробничі ризики. Одночасно кліматичні зміни (потепління, частіші посухи, нерівномірні опади та екстремальні явища) посилюють вимоги до добору культур, сортів і технологій, особливо за дефіциту вологи. За таких умов зростає потреба в адаптивних і ресурсозберігаючих технологічних рішеннях, здатних забезпечити стабільну врожайність і економічну ефективність.

Узагальнення наукових даних підтверджує, що горох має значний потенціал у зерновиробництві як джерело рослинного білка та важливий компонент сівозмін, який підтримує ґрунтову родючість і дає змогу зменшувати потребу в мінеральних добривах. Водночас зберігаються резерви підвищення його продуктивності через удосконалення елементів технології – передусім системи живлення, інокуляції та захисту рослин – з урахуванням сортових особливостей і ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

1.1. Біологічні особливості гороху та його значення у зерновиробництві

Горох посівний (*Pisum sativum* L.) – однорічна зернобобова культура, продуктивність якої визначається узгодженою дією базових факторів росту і розвитку – світла, тепла, вологи, повітря та мінерального живлення. Саме їх поєднання формує інтенсивність фотосинтезу, дихання, транспірації, засвоєння

елементів живлення та нагромадження органічної речовини, що в підсумку визначає рівень реалізації врожайного потенціалу [97, 105, 205].

За екологічними вимогами горох належить до культур помірного клімату та відзначається високою холодостійкістю на ранніх етапах онтогенезу. Насіння гороху здатне проростати вже за температури ґрунту 1–2 °С, що обґрунтовує ранні строки сівби з використанням весняних запасів ґрунтової вологи [3, 10, 164]. Сходи можуть витримувати короткочасні заморозки від –4 до –6 °С без суттєвого зниження життєздатності. Для формування генеративних органів сприятливими зазвичай є 16–22 °С, тоді як підвищення температури понад 26 °С пригнічує ріст, прискорює проходження фенологічних фаз, скорочує період наливу насіння, погіршує запліднення та підвищує ризик недобору врожаю, особливо за поєднання високої температури повітря з дефіцитом ґрунтової вологи [10, 188]. За даними літератури, потепління у критичні фази росту і розвитку рослин гороху може викликати зменшення продуктивності, а за високотемпературного стресу в межах 30–33 °С під час репродуктивного періоду різко знижується насіннєва продуктивність і погіршується схожість [72, 133].

Водний режим культури характеризується помірною потребою у волозі та вираженою чутливістю до її дефіциту в критичні фази росту і розвитку. Транспіраційний коефіцієнт гороху знаходиться в межах 400–590, що відображає потребу у збереженні доступної вологи в орному шарі ґрунту та стабільному водозабезпеченні в критичні фазові періоди вегетації [124]. Оптимальною вологістю ґрунту для формування високопродуктивного агроценозу є 70–80 % від повної вологоємності. Відхилення як у бік перезволоження, так і в бік посухи пригнічує фізіолого-біохімічні процеси, порушує мінеральне живлення та погіршує елементи структури врожаю [146]. Хоча горох у низці випадків проявляє відносно вищу посухостійкість, ніж багато інших зернобобових (сочевиця, квасоля, боби, вика, люпин, соя) і навіть окремі злакові, тривалі або інтенсивні посушливі умови помітно знижують продуктивність через обмеження асиміляції, прискорення старіння листкового апарату та зменшення маси 1000 зерен [147, 195]. Найбільш критичним щодо вологоспоживання є інтервал від

бутонізації–цвітіння до зав'язування та формування бобів. Саме тоді дефіцит вологи викликає абортацію квіток і зав'язі, зменшує кількість бобів і зерен та призводить до нестабільності урожайності в окремі роки [146, 147, 189].

Ґрунтові вимоги гороху визначаються функціонуванням його кореневої системи та високою потребою культури в добре аерованому ґрунті. Найкращі результати культура формує на родючих, структурованих, достатньо зволожених ґрунтах із реакцією середовища pH 6–7 – передусім на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах [9, 138]. Важкі запливаючі глинисті ґрунти, надто легкі піщані зі слабкою вологоутримувальною здатністю, а також засолені ґрунти є менш придатними, оскільки погіршують водно-повітряний режим, обмежують доступність елементів живлення і підвищують ризик ураження кореневими гнилями [34, 87, 217]. Позитивний вплив на розвиток кореневої системи та інтенсивність симбіотичних процесів забезпечує достатній вміст кальцію в ґрунті [24, 50, 63].

За світловими вимогами горох – світлолюбна культура довгого дня. Відповідно, продуктивність значною мірою визначається інтенсивністю освітлення та структурою посіву. Однією з головних причин втрат урожайності є вилягання, яке має не лише технологічні наслідки (ускладнення збирання, прямі втрати, нерівномірність достигання), а й фізіолого-екологічні: у полеглому стеблостої погіршується провітрюваність, зростає вологість приземного шару, різко зменшується проникнення фотосинтетично активної радіації в нижні яруси. Це знижує фотосинтетичну продуктивність листків і стебел, погіршує закладання та налив бобів, зменшує кількість і масу насіння та підсилює нестабільність врожаю [7, 74]. Тому стійкість до вилягання фактично означає збереження ефективної фотосинтетичної діяльності в період формування врожаю зерна [11, 47].

Стійкість до вилягання залежить від морфогенотипових ознак (висота рослин, міцність стебла, довжина міжвузлів, тип листка, розвиток вусиків, гілкування, висота прикріплення та розміщення бобів), а також від умов вирощування (густота стояння, рівень азотного живлення, водний режим,

забур’яненість, ураженість хворобами) [11, 30]. Сучасна селекція активно формує технологічні морфотипи, які поєднують високу врожайність із придатністю до механізованого збирання. Зокрема, безлисточкові (афіла) сорти завдяки добре розвиненим вусикам формують у посіві опорну структуру, яка сприяє підвищенню стійкості рослин до вилягання та полегшує пряме комбайнування [37, 208]. У літературі зазначається, що штучне моделювання підвищеної стійкості до вилягання може забезпечувати приріст урожайності на 35,7 % і збільшення вмісту білка на 1,1 %, що підкреслює тісний зв’язок між морфологією рослини, реалізацією фотосинтетичного потенціалу та якістю продукції [4, 64, 226]. Перспективним напрямом є створення технологічних сортів з обмеженою висотою стебла та компактним розміщенням бобів у верхній частині рослини. Оптимальні параметри для таких генотипів у виробничих умовах становлять висоту рослин на рівні 60–90 см, довжину міжвузля 3–4 см та добре розвинені вусики, що підвищує технологічність культури і конкурентоспроможність порівняно з традиційними листковими сортами [31, 66]. Водночас потенціал сучасних морфотипів повніше реалізується лише за належного технологічного супроводу, адже горох загалом чутливіший до погіршення фітосанітарного стану посівів, ніж зернові, і сильніше реагує на ураження хворобами та пошкодження шкідниками [32, 64, 131].

Горох цінується насамперед як високобілкова культура, проте вміст білка суттєво варіює залежно від умов вирощування та сортових особливостей. В наукових дослідженнях наводяться коливання білковості у межах 19,3–32,6 %, що пояснюється різним рівнем вологозабезпечення, температурним режимом, забезпеченістю елементами живлення та генетичними відмінностями сортів щодо нагромадження і перерозподілу пластичних речовин [79, 110]. При цьому безлисточкові сорти нерідко мають дещо нижчий відсотковий вміст білка порівняно з листочковими (19,9–24,2 % порівняно з 24,3–26,8 %, відповідно), однак за рахунок вищої зернової продуктивності здатні забезпечувати співставний рівень збору білка з одиниці площі на рівні 1,0–1,3 т/га [73, 110]. Додатковим чинником нестабільності є тривалий генеративний період

(бутонізація–цвітіння–формування бобів–налив зерна), саме в цей час погодні коливання найбільше впливають на елементи врожаю. Тому для підвищення виробничої надійності в межах одного господарства доцільно висівати 2–3 сорти з різними адаптивними властивостями (екотип, темпи розвитку, реакція на посуху/хвороби), що дозволяє розподілити ризики в часі та просторі [16, 72]. У літературі також підкреслюється, що різні морфотипи (звичайнолисточкові, безлисточкові, детермінантні, напівкарликові) відрізняються за посухостійкістю та здатністю реалізовувати потенціал за низької родючості ґрунту, що вимагає добору сорту під конкретну екологічну нішу та технологічний рівень господарства [6, 72].

У системі зерновиробництва горох має вагоме значення не лише як джерело протеїну для харчових і кормових цілей, а й як елемент екологізації землеробства. Зернобобові культури є ключовим джерелом рослинного білка та водночас здатні вирішувати низку біолого-екологічних проблем сучасного землеробства, а формування високопродуктивних агроценозів, що максимально використовують біокліматичні ресурси регіону, розглядається як один із напрямів розвитку новітніх агротехнологій [33, 69]. Хімічний склад зерна, його зольність і мінеральний спектр залежать від ґрунтових умов, технології та клімату [60, 119], а амінокислотна повноцінність і вища засвоюваність білка порівняно з пшеницею посилюють значення гороху як сировини для продовольчих і комбікормових потреб [93, 96, 160]. Порівняно з іншими зернобобовими горох поступається за білковістю люпину та сої, однак залишається базовою культурою завдяки поєднанню якості продукції, технологічності та попиту [121, 201].

Важливою агроекологічною функцією гороху є симбіоз із бульбочковими бактеріями та формування джерела біологічного азоту. Показано, що поєднання інтенсивних сортів зернобобових зі штамами ризобій може підвищувати продуктивність на 10–30 %, а симбіотична система гороху залишається активною протягом вегетації [20, 108]. За вегетацію горох (залежно від рівня врожайності) залишає з рослинними рештками близько 60–90 кг/га азоту, 15–20

кг/га фосфору та 20–30 кг/га калію, поліпшуючи структуру ґрунту і створюючи сприятливіший агрофон для наступних культур зернової ланки [44, 183]. Показовими є й експериментальні дані щодо потенціалу поповнення ґрунту азотом – за рахунок симбіотично фіксованого азоту та його вмісту в надземній біомасі ґрунт може поповнюватися від 73,2 до 110,0 кг/га біологічного азоту. Приріст порівняно з контролем у таких дослідах становив 19,7–60,3 %, що підтверджує роль культури як важливого біологічного джерела азоту та органічної речовини, здатного частково знижувати потребу в мінеральному азотному живленні в сівозміні [208]. Окрім підвищення родючості, це також пов’язано зі зростанням надземної біомаси, у наведених дослідженнях поєднання елементів технології збільшувало накопичення сухої речовини до 55–62 % порівняно з контролем, тобто зростала частка органічної маси, яка потенційно може повертатися в ґрунт [15, 214].

Економічне та виробниче значення гороху посилюється масштабами його вирощування у світі та в Україні. Культура поширена на всіх континентах, а посівні площі становлять близько 7,41 млн га. Серед зернобобових горох посідає п’яте місце після сої, квасолі, арахісу і нуту, а для Європи є основною зернобобовою культурою продовольчого й кормового напрямів на площі – 2,8 млн га [6, 23, 204]. Територіальний розподіл посівів гороху в Україні характеризується чіткою зональною диференціацією: Лісостеп 55 % площ, тоді як частка Степу становить близько 25 %, а Полісся – близько 20 %. [68]. Упродовж 2015–2025 рр. площі під культурою коливалися в межах 191–405 тис. га та загалом мали тенденцію до зменшення порівняно з початком 1990-х років, що актуалізує вдосконалення технологічних підходів і підвищення стабільності виробництва [79, 143]. Середня врожайність зерна гороху в Україні у 2025 р. становила 2,30 т/га. В окремих областях показники були вищими й досягали 4,12 т/га у Тернопільській області, 3,32 т/га у Вінницькій області та 3,20 т/га у Сумській області. Водночас у низці регіонів за менш сприятливих умов вирощування врожайність зерна залишалася нижчою, зокрема до 1,00 т/га у Херсонській області та близько 1,50 т/га у Дніпропетровській області. Це

підкреслює визначальний вплив зональних ґрунтово-кліматичних умов і рівня технологічного забезпечення на результативність вирощування культури [8, 23].

Практична реалізація потенціалу культури в зерновиробництві значною мірою залежить від технологічності сорту та можливості мінімізувати втрати під час збирання. Історично однією з причин стримування культури була складність збирання (значні втрати при роздільному збиранні та підвищені витрати), однак поширення сортів, придатних для прямого комбайнування, знижує втрати та підвищує ефективність виробництва. Такі сорти формують морфологічні ознаки, що сприяють стійкості стеблостою і дають змогу збирати посіви звичайними жатками з меншими втратами, однак потребують високої культури землеробства та якісного посівного матеріалу, адже лише використання насіння високих репродукцій забезпечує реалізацію селекційно запрограмованого потенціалу та збереження сортових ознак [2, 7, 26, 71].

Отже, в системі зерновиробництва горох доцільно розглядати як високобілкову культуру та важливий технологічний і агроекологічний компонент сівозміни. Його ефективність визначається правильним добором сорту, адаптацією технології до ґрунтово-кліматичних умов і забезпеченням належного фітосанітарного стану посівів [75, 98, 108, 162].

1.2. Сучасні тенденції вирощування гороху в Україні та світі в умовах воєнних і кліматичних ризиків

Сучасний етап розвитку аграрного сектору України визначається поєднанням воєнних викликів і кліматичної мінливості, що безпосередньо впливає на стійкість продовольчої системи, логістику, доступність ресурсів і прогнозованість виробництва. Дослідження організаційного забезпечення продовольчої системи підкреслюють, що криза, зумовлена воєнною агресією, погіршує продовольчу безпеку та потребує модернізації механізмів державного регулювання. Зокрема, йдеться про уточнення повноважень органів влади, запровадження спеціальних стимулів і обмежень у період воєнного стану,

формування державних ресурсів окремих видів продовольчих товарів, посилення інструментів регулювання продовольчого ринку, а також узгодження національних підходів із євроінтеграційними вимогами з огляду на статус кандидата в члени ЄС [23]. За таких умов зростає значення культур, які одночасно забезпечують виробництво білка і підвищують ресурсну автономність технологій.

У цьому контексті зернобобові, зокрема горох, розглядають як важливий елемент адаптації землеробства до кризових умов. Їхня роль пов’язана з біологічною фіксацією азоту та формуванням значної кількості органічних решток, що частково компенсує дефіцит мінеральних ресурсів і підтримує родючість ґрунтів. Узагальнення щодо агроекологічної ролі зернобобових культур свідчать, що за повного повернення побічної продукції у ґрунт і з урахуванням симбіотичної азотфіксації залучення нуту, сочевиці, гороху та квасолі до сівозмін здатне підвищувати запас мінерального азоту без додаткового внесення мінеральних добрив. Водночас баланс фосфору й калію за вирощування зернобобових часто залишається негативним, що обґрунтовує потребу збалансованого живлення [140]. Додатково актуальність бобових посилюється тим, що для України впродовж 2000–2025 рр. відмічали зменшення надходження азоту з органічними добривами та з біологічною фіксацією за одночасного зростання втрат і винесення азоту врожаями, що формувало стійку тенденцію до негативного балансу азоту на орних землях [2, 45, 61]. За цих передумов горох виступає не лише товарною культурою, а й практичним інструментом стабілізації азотного режиму агроекосистем.

Світова статистика підтверджує, що горох займає вагоме місце серед зернобобових культур у глобальному рослинництві. За даними FAOSTAT, у 2025 році провідними виробниками гороху залишалися Канада, Індія та Китай, які разом формують фундамент світового виробництва як за площами, так і за валовими зборами продукції. Канада традиційно утримує значні посівні площі: у деякі роки (2015–2025) вони перевищували 1,5–1,7 млн га, що зумовило її провідну роль у світовому експорті білкових бобових культур. Індія, маючи

широку географію вирощування гороху, зберігає вагомий вплив на ринкові тренди, і навіть відносно помірні коливання її виробництва відображаються на цінах на міжнародних ринках, особливо в Азіатському регіоні, де частка цієї культури у сівозмінах є значною [23, 62]. Китай, хоча й демонструє меншу площу порівняно з Канадою, підтримує стабільні площі посівів (переважно 0,9–1,3 млн га у 2015–2025 рр.), що разом із внутрішнім попитом на харчові та кормові бобові робить його важливим гравцем на регіональних ринках [23, 62].

На противагу цим світовим тенденціям, в Україні в останні роки спостерігається тенденція до зниження площ посіву гороху, зокрема, порівняно з початком 2010-х років, коли площі сягали понад 0,5 млн га, до середніх значень 0,2–0,3 млн га у 2020–2025 рр. Це контрастує із загальносвітовою динамікою, за якою загальна площа посівів гороху мала тенденцію до поступового зростання на 5–10 % за останнє десятиліття [24]. Важливо відзначити, що така різноспрямованість – зростання площ у світовому масштабі та одночасне їх скорочення в Україні – може свідчити про вплив внутрішніх виробничих обмежень, логістичних і економічних ризиків, включно з наслідками воєнної агресії, які значною мірою стримують розвиток цієї технологічної ніші вітчизняного виробництва попри зростаючий глобальний попит на білкову продукцію та ресурсозберігаючі властивості бобових культур.

Врожайність гороху істотно варіює залежно від ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей і рівня технологічної інтенсивності. За узагальненням даних FAOSTAT, світовий середній рівень врожайності у 2015–2025 рр. коливався близько 1,8–2,2 т/га, що відображає неоднорідність природних і технологічних умов у великих регіонах вирощування [23]. Найвищі рівні врожайності постійно фіксуються у країнах із інтенсивними аграрними технологіями: зокрема, у Франції середні значення часто перевищували 3,8–4,2 т/га, а в окремі сприятливі роки показники сягали понад 4,5 т/га [62, 175, 225]. Це відображає поєднання адаптованої сортової бази, високого рівня забезпечення живленням, ефективного захисту рослин і оптимальної агротехніки.

Для порівняння, у Канаді середня врожайність за той же період коливалася в межах 2,2–2,8 т/га, а в Україні – 1,9–2,7 т/га, причому за кращих років і при сприятливих погодних умовах вітчизняні показники наближалися до рівнів провідних європейських країн [225]. Китай і США, маючи проміжні значення врожайності (переважно 1,5–2,0 т/га), ілюструють ситуацію, коли технологічна інтенсивність та інвестиції в агротехнічні заходи обмежують потенціал продуктивності нижче порівняно з найефективнішими виробниками. Фактором, що суттєво впливає на врожайність у всіх країнах, є структурні технології – добір сортів, які адаптовані до конкретних умов вирощування, а також застосування інтегрованого захисту (біологічні, хімічні та фізіологічні заходи) для мінімізації абіотичних і біотичних стресів [23, 126, 225].

Ці дані вказують на те, що країни з розвинутими агротехнологіями здатні досягати стабільно вищих врожаїв гороху, тоді як країни з меншим рівнем інтенсивності вирощування мають суттєвий потенціал для підвищення продуктивності через оптимізацію живлення, якісну агротехніку та адаптивну сортову політику.

Валові збори зерна гороху є ключовим показником не лише технологічної ефективності, а й експортного потенціалу, внутрішньої продовольчої забезпеченості і продовольчої безпеки. Світове виробництво гороху за останні роки мало тенденцію до зростання, а саме за оцінками FAOSTAT, у 2025 р. світове виробництво гороху становило 11,5–12,0 млн т зерна, що є значним приростом порівняно з 9,0–9,5 млн т у середині 2010-х років [225]. Така динаміка відображає розширення площ і підвищення врожайності в провідних регіонах, а також зміщення сівозмін у бік більш стійких і продуктивних систем.

Для України валові збори також мають важливе значення з огляду на експортний потенціал: за даними 2017 р. валові збори зерна гороху досягали близько 1,097 млн т, що відображало суттєве нарощування виробництва порівняно з початковими показниками 2010-х років. Водночас упродовж останніх п’яти років валові збори були помітно нижчими та коливалися в межах 0,26–0,67 млн т: 0,58 млн т (2021 р.), 0,26 млн т (2022 р.), 0,40 млн т (2023 р.),

0,46 млн т (2024 р.) і 0,67 млн т (2025 р.). Така мінливість означає, що порівняно з піковим 2017 роком обсяги виробництва в 2021–2025 рр. були орієнтовно на 39–76 % нижчими, що є важливим сигналом для оцінки стійкості виробництва та прогнозування експортних можливостей у кризових умовах [23, 130, 225]. Незважаючи на певні коливання, Україна залишається помітним виробником на світовому ринку, і обсяги її врожаю традиційно формують частину загального експорту зернобобових, впливаючи на торговельні потоки в Східній Європі та регіонах Чорноморського басейну.

Ростові тенденції валових зборів у світовому контексті підсилюють роль гороху як культури, що відповідає сучасному попиту на білкові продукти та функціональні властивості агроекосистем. Водночас для збереження і підвищення виробничих результатів необхідні системні заходи з оптимізації агротехнологій, адаптації до кліматичних умов і інституційного забезпечення сталості виробництва, особливо в умовах економічної нестабільності та зміни клімату [223].

У виробничій практиці одним із базових інструментів стабілізації врожайності виступають сівозміна і попередники, які формують стартову забезпеченість вологою та поживними речовинами, а також визначають фітосанітарний фон. Довготривалі стаціонарні дослідження свідчать, що кукурудза на зерно, ячмінь ярий, соняшник можуть бути близькими за придатністю попередниками для гороху за середнім рівнем урожайності. Водночас простежувалася тенденція до дещо вищої та стабільнішої продуктивності після зернових колосових, тоді як після соняшнику частіше фіксували нижчі показники, що пов’язували зі зростанням забур’яненості та гіршою забезпеченістю ґрунту доступними елементами живлення [22, 216]. Окремо підкреслено, що збільшення частки гороху в сівозміні не завжди знижує середню врожайність, однак стабільність за роками підвищується за меншої насиченості сівозміни горохом і за дотримання науково обґрунтованих строків повернення культури на поле [16, 207]. У кризових умовах така логіка

сівозмінного розміщення працює як агрономічний механізм зниження виробничих ризиків без прямого зростання витрат.

Кліматичні ризики для гороху в Україні та світі пов’язані насамперед із дефіцитом вологи й температурними екстремумами, які обмежують як формування вегетативної маси, так і реалізацію генеративного потенціалу [148]. Узагальнення щодо посухи свідчать про системні фізіолого-біохімічні зміни, що знижують фотосинтез, погіршують поглинання води та елементів живлення і зменшують формування квіток і налив насіння, що безпосередньо зумовлює втрати врожаю та якості [22, 67, 197, 198]. Окремо акцентується загроза теплового стресу в критичні фази розвитку, який здатен істотно знижувати врожай і посівні якості насіння. У відповідь зростає значення поєднання скринінгу генетичних ресурсів, точного фенотипування та інструментів GWAS, MAS і геномної селекції для створення стійких генотипів [89, 187, 188]. Узагальнювальні огляди підкреслюють, що, попри широке поширення гороху та зростання попиту на рослинний білок, темпи приросту врожайності культури часто обмежуються саме стресами водного режиму й температурними екстремумами. Це робить адаптацію до посухи й перегріву головним напрямом майбутніх досліджень і технологічних рішень [88, 183].

У світовій практиці вагомим трендом є розгляд гороху як компонента кліматично орієнтованих систем землеробства, спрямованих на підвищення водної ефективності та екологічності технологій. У посушливих і напівпосушливих регіонах горох використовують для заміни пару та стабілізації врожаїв у сівозмінах, проте ефект суттєво залежить від структури ротації та елементів управління посівом. Дослідження у північних Великих рівнинах США показали, що більш диверсифіковані сівозміни з включенням небобових культур і вдосконалене управління бур’янами (зокрема через параметри стояння рослин та збереження стерні) підвищували ріст, урожайність і водовикористання гороху та сприяли зростанню ефективності вологовикористання [188, 203, 204]. Паралельно розвивається напрям змішаних посівів гороху з зерновими як екологічно орієнтованої моделі, здатної зменшувати окремі фітосанітарні ризики

та покращувати використання ресурсів. Водночас у таких системах горох може зазнавати пригнічення з боку зернових, що актуалізує селекцію на конкурентоздатність та адаптивні морфо-фенологічні ознаки і підсилює роль геномних підходів у доборі [202, 207].

В умовах ресурсних обмежень і кліматичної нестабільності посилюється тенденція до біологізації технологій, зокрема застосування інокулянтів, біодобрив і консорціумів корисних мікроорганізмів для стабілізації живлення та підвищення стійкості агроценозів. Показано, що ефективність інокуляції у гороху може бути значною, але варіює залежно від місцевих умов і конкуренції з аборигенною мікрофлорою, що потребує добору ефективних штамів для конкретних зон [157, 170, 210]. Дослідження ко-інокуляції *Rhizobium* з іншими бактеріями (наприклад, *Azotobacter*) демонструють потенціал посилення нодуляції, активності нітрогенази, засвоєння елементів живлення та підвищення врожайності й якості продукції [185, 216, 222]. Огляди щодо PGPB і біодобрив підкреслюють перспективність мікробних консорціумів і багатокомпонентних механізмів (фіксація N, мобілізація P і K, синтез фітогормонів, індукція системної стійкості), що відповідає тренду скорочення застосування мінеральних добрив та екологізації землеробства [171, 200, 220]. Практична реалізація біологізації водночас залежить від технологічної сумісності з хімічним захистом. Узагальнення щодо впливу пестицидів на бульбочкові бактерії вказують, що дія різних діючих речовин може бути різноспрямованою, а збереження ефективності симбіозу потребує толерантних штамів ризобій, додаткових протекторних компонентів і чіткого регламенту застосування [19, 83, 90, 94, 120, 181]. Фундаментальну та прикладну базу таких підходів формують багаторічні дослідження симбіотичної азотфіксації, створення нових штамів і мікробних препаратів для стратегічних культур [89, 136, 158, 190].

Окремим блоком викликів залишається фітосанітарна безпека і зростання ризиків хвороб за нестабільних погодних умов. Дослідження з інтегрованого контролю аскохітозу підтверджують ефективність поєднання сортової стійкості та фунгіцидів, що зменшує інфекційний тиск і підвищує врожайність та

економічні показники [181]. У контексті ризику резистентності патогенів важливими стають стратегії раціонального використання препаратів і їх комбінацій. Показано, що певні суміші фунгіцидів можуть забезпечувати вищий рівень контролю хвороб і водночас знижувати ризик формування стійких популяцій [202]. Отже, інтегрований захист набуває ролі обов'язкового компонента адаптації технологій до кліматичної невизначеності.

Світові тенденції також включають активний розвиток генетики та селекції з орієнтацією на прискорення створення адаптивних сортів. Використання молекулярних маркерів (SSR, RBIP, SNP) і підходів прогнозування господарсько цінних ознак демонструє перспективу підвищення точності добору та скорочення селекційного циклу, хоча повна трансляція маркерних технологій у практичну селекцію гороху ще потребує розширення ресурсів і даних [163], [216]. Важливо, що середовище впливає не лише на врожай, а й на якісні характеристики зерна. Показано істотний вплив локації вирощування на метаболічний профіль, жирнокислотний та амінокислотний склад зерна, що має значення для формування цільового використання продукції (харчового або кормового) [211]. Це формує тенденцію до точнішого підбору сорту та технології під конкретні ґрунтово-кліматичні умови і вимоги ринку.

Отже, вирощування гороху в Україні та світі розвивається в умовах зростаючих ризиків, де воєнні чинники посилюють потребу в інституційній підтримці стійкості продовольчої системи та узгодженні політик із євроінтеграційним вектором [23, 225]. Кліматичні чинники актуалізують технології, спрямовані на підвищення ефективності вологовикористання, адаптивності та фітосанітарної стабільності посівів [5, 13, 90]. Відповіддю на ці виклики є поєднання оптимізації структури посівних площ та добору попередника гороху, біологізації живлення та управління азотним режимом ґрунтів, розвиток інтегрованого захисту, а також використання сучасних селекційно-генетичних інструментів для стабілізації врожайності та якості продукції [1, 139, 150].

1.3. Реалізація потенціалу зернової продуктивності гороху за різних попередників і передпосівної обробки насіння

Реалізація потенціалу врожайності гороху формується внаслідок узгодженої дії кількох груп чинників. Визначальними є сортові особливості, стартовий агрофон, який значною мірою задається попередником, забезпечення елементами живлення, водний режим, а також технологічні прийоми, що регулюють інтенсивність росту на початку вегетації та ефективність симбіозу з бульбочковими бактеріями. Для зернобобових культур особливо критичними є ранні етапи органогенезу, коли якість проростання і польова схожість, темпи формування кореневої системи та ініціація нодуляції визначають майбутню структуру посіву і рівень використання вологи та поживних речовин упродовж вегетації [77, 81]. У такій логіці передпосівну обробку насіння, що може включати інокуляцію, інкрустацію, застосування мікроелементів, протруйників і стимуляторів, слід трактувати не як локальний прийом, а як базовий технологічний елемент керування продуктивністю. Її ефект проявляється повною мірою за узгодження із системою удобрення та захисту рослин, оскільки саме ця взаємодія визначає стартові темпи росту, стабільність посіву та функціональну активність бобово-ризобіального симбіозу [18, 92, 145].

Узагальнюючи сучасні підходи, технологію гороху доцільно розглядати як систему взаємопов’язаних рішень, де кожен наступний елемент або підсилює, або нівелює попередній, від вибору попередника та параметрів насіннєвої підготовки до норм живлення, режимів захисту й управління густотою. У такій системі саме узгодженість прийомів визначає стабільність продуктивності в контрастні за зволоженням роки, тоді як ізольоване застосування окремих заходів рідко забезпечує відтворюваний ефект [29, 31, 85, 178].

У загальних положеннях агрономічної науки попередник трактується як ключовий регулятор стартового агрофону культури, оскільки він визначає запаси продуктивної вологи, доступність елементів живлення, рівень забур’яненості та інфекційний фон, а також технологічні можливості підготовки ґрунту та строків

сівби. Для гороху, чутливого до повторних посівів і комплексу ґрунтово-насіннєвих інфекцій, значення попередника посилюється потребою у фітосанітарній стабілізації посіву та дотриманні раціональної ротації [65, 177, 182].

Вихідним елементом технологічної системи є вибір попередника, адже саме він формує стартові умови вологозабезпечення, забезпеченість ґрунту доступними елементами живлення і фітосанітарний фон. За результатами довготривалого стаціонарного досліду в умовах лівобережного Лісостепу України В. В. Гангур [28, 29] встановив, що кукурудза на зерно, ячмінь ярий, соняшник і буряк цукровий загалом можуть розглядатися як близькі за рівнем попередники гороху, оскільки середня врожайність зерна гороху у 1999–2015 рр. варіювала в межах 1,74–1,94 т/га залежно від культури-попередника. Водночас простежувалася тенденція до формування вищої продуктивності після ячменю ярого, тоді як найнижчі значення частіше відмічалися після соняшнику, що пов’язували зі зростанням забур’яненості та менш сприятливим агрохімічним фоном. Окремо підкреслено, що підвищення частки гороху в сівозміні не завжди змінює середній рівень урожайності, але менша насиченість сівозміни горохом забезпечує більшу стабільність показників за роками, що узгоджується з відомою негативною реакцією культури на скорочення строків повернення та накопичення фітосанітарних ризиків. Показники якості зерна також демонстрували залежність від попередника, з тенденцією до вищої білковості за розміщення після ячменю ярого та кукурудзи на зерно.

У загальній концепції інтенсивних і ресурсозберігаючих технологій система живлення виконує подвійну функцію, з одного боку, формує потенціал біомаси та генеративних органів, з іншого задає межі реалізації ефектів від біологізації, оскільки активність ризобій і формування бульбочок є чутливими до рівня доступного мінерального азоту та забезпечення фосфором і калієм. Тому ключовим вважають не максимізацію доз, а оптимізацію фону живлення з урахуванням ґрунтових запасів, умов року та очікуваного рівня врожайності [6, 21, 70, 115].

У сучасних дослідженнях значну увагу зосереджено на ролі мінерального живлення як базового інструмента регуляції ростових процесів і формування елементів структури врожаю. Дослідження в умовах Західного Лісостепу демонструють, що поєднання помірних доз мінеральних добрив із регуляторами росту здатне підвищувати індивідуальну продуктивність рослин і стабілізувати формування генеративних органів. Так, за даними М. І. Бахмата та К. С. Небаби [9] за внесення $N_{30}P_{30}K_{45}$ у поєднанні з регулятором росту (Вимпел) відмічали кращі значення більшості показників продуктивності та сортову специфічність реакції. Висота рослин досягала 92 см у сорту Фаргус, найбільша кількість квіток формувалася у сорту Готівський (13,6 шт./росл.), тоді як найвища частка достиглих бобів (82,7 %) відмічена у сорту Чекбек на цьому ж варіанті. Поряд із цим К. С. Небаба [106] для показників якості зерна встановив, що максимальні значення сирого протеїну та жиру у різних сортів частіше формувалися за поєднання $N_{30}P_{30}K_{45}$ із регулятором росту, тоді як підвищені норми добрив у комплексі з регуляторами не завжди забезпечували однозначну закономірність і могли зумовлювати мінімальні значення окремих показників. Отже, практичний акцент зміщується у бік пошуку оптимуму живлення, а не механічного нарощування доз.

За сучасними уявленнями ефективність удобрення у посушливих регіонах слід оцінювати через взаємодію з водним режимом, за дефіциту вологи потенціал реалізації поживних елементів знижується, а економічна окупність додаткових норм погіршується. Тому для степових умов пріоритетом є адаптивні фони живлення, що мінімізують ризик перевитрат і забезпечують стабільність формування врожаю в різні за зволоженням роки [104, 114, 127, 186, 199].

У степових умовах ефективність удобрення ще тісніше пов’язана з водним режимом, тому оцінка систем живлення часто доповнюється аналізом окупності та зв’язку врожайності з вологозабезпеченням. Так, за даними С. І. Бурикіної та Л. А. Сергєєва [15] для гороху підзимової сівби показано істотні прибавки врожаю за різного рівня зволоження і високу результативність повного мінерального добрива $N_{30–45}P_{40}K_{40}$. Водночас окупність 1 кг д. р. зменшувалася зі

зростанням дози, а кореляційний зв’язок між урожайністю та водозабезпеченням був високим (r=0,89). Аналогічно, О. М. Глубокий та інші [32] у дослідах у Східному Лісостепу відмітили підвищення продуктивності сучасних сортів гороху за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ (у середньому 0,45 т/га або 21,0 %) і різну чутливість сортів до погодної мінливості, що свідчить про доцільність адаптації норм до конкретного сорту і сезону. У довготривалих польових дослідах Л. В. Центило [145] також підкреслено ефективність органо-мінеральних систем та бактеризації на фоні норм, що не перевищують $N_{60}P_{60}K_{60}$. У сукупності це обґрунтовує технологічну доцільність помірних NPK-фонів із точним добором строків і способів внесення, особливо за ризикованого зволоження.

Сучасні дослідження вказують, що ефективна нодуляція і функціональна активність симбіозу визначають здатність гороху компенсувати частину азотного живлення за рахунок біологічної фіксації. Водночас симбіотична система є керованою і вона показово реагує на рівень доступного мінерального азоту, фосфорно-калійне забезпечення, умови ґрунтової реакції та технологічні фактори, зокрема насіннєву інокуляцію. Саме тому симбіоз доцільно оцінювати як виробничий ресурс, що потребує налаштування, а не як автоматичну властивість культури [19, 24, 50, 117, 155].

Логічним продовженням питання живлення є аналіз симбіотичного апарату, оскільки для гороху продуктивність значною мірою визначається станом нодуляції та функціональною активністю азотфіксації. Зокрема, у Західному Лісостепу М. І. Бахмат та інші [10] показали, що за внесення $N_{30}P_{30}K_{45}$ у поєднанні з регулятором росту формувалися високі показники загальної та активної кількості бульбочок у різних сортів. У сорту Готівський цей показник становив 43,2 бульбочки/рослину (активних 19,1), у сорту Чекбек – 52,2 (активних 23,4), у сорту Фаргус – 41,6 (активних 16,2). Разом із тим В. В. Гангур і Л. С. Єремко [28] наголошують, що надлишкове азотне живлення здатне пригнічувати симбіоз, тоді як поєднання інокуляції з фосфорно-калійним забезпеченням або помірними NPK-фонами створює кращі умови для формування ефективної азотфіксувальної системи і підвищення врожайності (до

2,78 т/га за відповідних поєднань прийомів). Додатково Л. В. Центило [145] підкреслює, що бактеризація насіння у поєднанні з органо-мінеральним живленням здатна підвищувати не лише врожай, а й якість зерна.

Мікроелементи та фізіологічно активні сполуки в технології бобових розглядають як чинники точного регулювання симбіозу, оскільки вони можуть впливати на ініціацію бульбочок, активність ферментних систем азотфіксації та стійкість рослин до стресів. Практично важливо, що такі прийоми здатні підвищувати відтворюваність ефекту інокуляції в умовах контрастної вологості та температур, особливо за поєднання з оптимальними фонами живлення та реакцією ґрунту [18, 65, 80, 95].

Окремої уваги заслуговує роль мікроелементів та чинників стимуляції нодуляції, які забезпечують тонке налаштування симбіозу та підвищують стабільність ефекту за контрастних умов середовища. Так, за даними І. М. Дідура та В. В. Мостовенка [49] максимальні показники загальної й активної кількості та маси бульбочок отримували за поєднання вапнування, $N_{30}P_{60}K_{60}$, інокуляції та застосування мікроелементних препаратів у підживленнях, що зумовлювало високі значення симбіотичних потенціалів упродовж вегетації. І. М. Дідур і В. В. Шевчук [50] також підкреслюють перспективність комплексного застосування інокулянта та регулятора росту на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$, оскільки це сприяло зростанню маси активних бульбочок у різні фази розвитку та підвищенню загальної ефективності симбіозу. Водночас В. В. Дранус і К. С. Небаба [52] показали, що передпосівні обробки біопрепаратами забезпечували збільшення кількості активних бульбочок на 32,4–36,4 % і маси бульбочок на 21–23 %, а максимальні значення маси бульбочок фіксували за одним із препаратів (0,19–0,22 г залежно від сорту). Таким чином, технологічно керований симбіоз розглядається як один із найбільш ресурсоефективних шляхів посилення живлення без надмірного навантаження мінеральним азотом.

Оскільки насіння у виробничій практиці майже завжди потребує захисту від насіннєвої та ґрунтової інфекції, ключовим стає питання технологічної сумісності інокулянтів і протруйників. Загальне положення полягає в тому, що

ефект інокуляції залежить від виживання мікроорганізмів на насінні та швидкості колонізації кореня, а ці процеси можуть істотно змінюватися під впливом діючих речовин протруйників і тривалості контакту. Тому регламент обробки, послідовність операцій і строки сівби після обробки виступають критичними елементами реалізації потенціалу біологізації [74, 84, 103, 154].

Практична технологія майже завжди передбачає поєднання біологічних препаратів із хімічним захистом, тому наступним логічним блоком є питання сумісності інокулянтів і протруйників та регламенту їх застосування. Так, С. В. Вознюк та інші [18] на прикладі інших зернобобових культур показали, що комбіноване використання фунгіцидів та інокуляції може одночасно підвищувати нодуляцію і резистентність до хвороб та збільшувати продуктивність на 17,4–32,1 % порівняно з варіантом лише з інокулянтом, забезпечуючи відчутну захисну ефективність проти комплексу хвороб. Водночас B. E. Clark і D. Baldauf [167] у лабораторних дослідженнях встановили, що виживання інокулянтів на насінні, обробленому фунгіцидами, зменшується зі збільшенням часу контакту, а різні протруйники суттєво відрізняються за інтенсивністю впливу на мікроорганізми. На сої К. П. Кукол та інші [92] продемонстрували диференційований токсичний ефект протруйників щодо формування бульбочок та асиміляції N_2. Один препарат зумовлював найбільш виражене зниження показників, тоді як інші діяли м’якше, а негативний ефект упродовж вегетації частково нівелювався. Додатково G. Gupta та інші [182] показали, що застосування біологічно активних сполук, зокрема фітолектинів, може стабілізувати функціональний стан симбіозу та фотосинтетичного апарату і підвищувати реалізацію продуктивного потенціалу навіть на фоні протруювання. Отже, ефективність інокуляції визначається не лише якістю препарату, а й технологічним регламентом сумісності та строками внесення в системі захисту.

У технології гороху ранній розвиток розглядають як механізм управління майбутньою продуктивністю, оскільки саме на старті закладаються густота, темпи росту кореневої системи та умови для ініціації нодуляції. Загальне

положення полягає в тому, що навіть помірні зміни енергії проростання і польової схожості, особливо в стресових умовах, здатні трансформуватися у суттєві відмінності густоти перед збиранням, конкурентоспроможності щодо бур’янів і стійкості до абіотичних чинників [107, 109, 144].

Переходячи від мікробіологічних аспектів до формування посіву, варто зазначити, що значна частина технологічних ефектів реалізується через ранній ріст, польову схожість і початкову конкурентоздатність рослин. М. В. Капінос та В. В. Калитка [77] показали, що інкрустація окремими препаратами посилювала процеси набубнявіння насіння, впливала на перерозподіл маси між сім’ядолями й проростком та підвищувала енергію проростання на 6–7 %. Також О. А. Коваленко та Л. Г. Хоненко [81] відмітили, що бактеріальні препарати можуть підвищувати лабораторну схожість, тоді як польова схожість закономірно є нижчою, а комплексні варіанти обробки насіння забезпечували відчутніші прирости врожайності, особливо в роки з контрастними умовами вегетації. Світові результати досліджень, отримані A. Ullah та інші [219], підтверджують синергію між біодобривами і помірними нормами мінерального азоту щодо сходів, росту, нодуляції та врожайних ознак. Водночас V. Bourion та інші [161] у польовому експерименті з різними штамами ризобій засвідчили, що найкращі показники росту і структури врожаю забезпечувала обробка насіння інокулянтами у визначеній концентрації. Це вказує на те, що прийоми, спрямовані на оптимізацію початкового росту та формування густоти, можуть мати пролонгований ефект через розвиток кореневої системи й подальшу реалізацію симбіотичної активності.

Для степових умов вода є провідним лімітуючим ресурсом, тому технологічні рішення доцільно оцінювати через їх вплив на формування врожаю в межах водного балансу грунту [192]. У загальних положеннях підкреслюють, що ефективність технології зростає тоді, коли вона зменшує непродуктивні втрати вологи, підвищує частку транспіраційної води у загальному водоспоживанні та забезпечує більшу продукцію на одиницю використаної

вологи, особливо у критичні фази бутонізації–цвітіння–наливу зерна [5, 45, 132, 144].

Оскільки саме вода є лімітуючим фактором у степових умовах, аналіз технології доцільно доповнювати оцінкою водоспоживання та ефективності використання вологи [174]. В. В. Гамаюнова та В. М. Єрмолаєв [25] на посівах гороху сорту Мадонна в умовах Південного Степу встановили істотні коливання сумарного водоспоживання за роками і тісний кореляційно-регресійний зв’язок між урожайністю та водоспоживанням. При цьому мінеральні добрива і передпосівна обробка насіння мікродобривом сприяли економнішому витрачанню вологи на формування одиниці врожаю. Цими ж авторами показано, що сама передпосівна обробка насіння здатна підвищувати врожайність, тоді як поєднання $N_{15}P_{15}K_{15}$, обробки насіння і позакореневих підживлень забезпечувало прирости на рівні 31,6–43,3 % [26]. Важливо, що оптимізація живлення проявлялася і на якості продукції. Передпосівна обробка насіння та елементи удобрення сприяли підвищенню вмісту білка (до 22,3–22,7 % у кращих варіантах) і суттєвому зростанню умовного збору білка з площі, що підтверджувалося високими значеннями R^2 між урожайністю та збором білка [27]. Таким чином, ресурсозбереження в технології гороху слід трактувати не лише як скорочення витрат, а як підвищення ефективності використання води і поживних ресурсів у білковому еквіваленті.

Оптимізацію густоти продуктивного стеблостою в технології вирощування гороху доцільно розглядати як цільовий результат управління посівом, а не як механічний вибір норми висіву. Кінцевим критерієм виступає фактична густота рослин після сходів і перед збиранням, яка інтегрує вплив якості насіння, умов сівби, польової схожості та виживання, а також водного режиму і фітосанітарного тиску. Саме оптимальна густота забезпечує збалансоване поєднання індивідуальної продуктивності рослин і продуктивності агроценозу, зменшує ризики надмірної внутрішньовидової конкуренції за дефіциту вологи та підвищує відтворюваність урожайності в різні за гідротермічними умовами роки [66, 116, 213, 224].

Далі природно постає питання оптимальної густоти посіву, адже саме через неї реалізуються потенціал польової схожості, виживання та конкурентних взаємовідносин у агроценозі. Л. М. Гончар та інші [33] підкреслюють, що густота стояння та виживання рослин визначаються як погодними умовами, так і технологічними чинниками, включно з удобренням та інокуляцією. Дані із Західного Лісостепу свідчать, що зі збільшенням норми висіву польова схожість закономірно знижується, тоді як густота сходів і густота перед збиранням зростають, однак урожайність має оптимум, а надмірне загущення зумовлює її зниження. Зокрема, за даними В. В. Лихочвора та М. О. Андрушка [96] для сорту Мадонна найвищі врожаї отримували за середніх норм висіву (порядку 1,0–1,1 млн схожих насінин/га), тоді як подальше збільшення норми висіву спричиняло зниження врожайності. У ширшому часовому інтервалі С. І. Попов та інші [194] підтвердили, що за погодної нестабільності оптимальні або підвищені норми висіву можуть підвищувати врожай у окремих сортів, але збільшення густоти часто знижує вміст білка в зерні.

Інтегрований захист у технології гороху розглядають як елемент збереження реалізованого потенціалу, оскільки втрати від бур’янів, хвороб і шкідників можуть нівелювати ефекти удобрення та біологізації. Загальне положення полягає у необхідності поєднання агротехнічних, хімічних і біологічних заходів із урахуванням критичних періодів шкодочинності та одночасного збереження функціональної активності симбіозу, який може бути чутливим до окремих пестицидних навантажень [64, 90, 92, 153, 158, 159].

З огляду на те, що технологічні переваги живлення та інокуляції можуть бути нівельовані фітосанітарними чинниками, завершальним компонентом системи є інтегрований захист рослин, узгоджений з біологічними процесами симбіозу. В. В. Березовська-Бригас та інші [12] за результатами моніторингу ентомоценозу на посівах гороху відмічають наявність широкого спектра шкідників і комплексу хвороб, а використання біоінсектицидів та біопрепаратів могло забезпечувати помітну технічну ефективність проти ключових фітофагів. Також підкреслено роль передпосівної обробки насіння біопрепаратом як заходу

проти кореневих гнилей. У блоці контролю бур’янів С. Є. Окрушко [110] показує, що лише агротехнічні заходи не завжди утримують забур’яненість нижче економічно шкідливого рівня, тоді як ґрунтові та післясходові гербіциди забезпечували високий рівень пригнічення бур’янів, а додавання мікродобрива (B+Mo) могло додатково підвищувати врожайність. Додатково С. О. Онищенко та інші [111] підтверджують, що обробка насіння овочевого гороху бором і молібденом у поєднанні з біопрепаратом підвищувала нодуляцію та врожай, формуючи приріст близько 17 ц/га.

У загальній методології інтегрованого управління хвороб акцент роблять на залежності ефективності й економічної доцільності фунгіцидних схем від потенціалу врожайності та метеорологічних умов року. За низького потенціалу продуктивності жорсткі схеми можуть бути недоцільними, натомість за сприятливого року своєчасні протруювання та обробки по вегетації здатні забезпечувати відчутний ефект. Альтернативні біологічні та агротехнічні рішення розглядають як спосіб зниження пестицидного навантаження і підвищення екологічної прийнятності технології [126, 159, 165, 168].

У міжнародних дослідженнях з управління хворобами підкреслено, що економічна доцільність фунгіцидних стратегій залежить від потенціалу врожайності та сезонних умов. J. Burstin та інші [163] відмічають, що за низького потенціалу в сухі роки хвороба може не впливати на врожай істотно, і тоді жодна стратегія не є економічно виправданою. Натомість за вищої врожайності ефективні схеми включають протруювання та своєчасні обробки по вегетації. Додатково I. Gaurilčikienė та інші [179] показали, що протруювання насіння знижувало зараженість і поліпшувало схожість, однак приріст урожайності міг бути несталим і залежав від умов середовища. Водночас N. Nazir та інші [190] відмічають, що інтегровані підходи, які поєднують фунгіциди, біоконтроль та агротехнічні прийоми, забезпечували зменшення прояву хвороби та підвищення продуктивності. M. Kumar та інші [194] демонструють, що альтернативні екологічні рішення, зокрема органічні меліоранти у поєднанні з біоагентами, також можуть знижувати розвиток в’янення і підвищувати врожай. Окремим

аспектом залишається збереження посівних якостей насіння. R. Kumar та інші [173, 193] показали, що під час зберігання зростає ураження мікроміцетами й знижується енергія проростання, тоді як фунгіцидні обробки здатні підтримувати схожість та силу росту на прийнятному рівні впродовж тривалого періоду.

Експериментальні результати доведені в передових господарствах також неодноразово підтверджують наукові висновки, що технологічні рішення в рослинництві мають оцінюватися не лише за біологічним ефектом (приріст урожаю), а й за економічними та енергетичними критеріями, оскільки саме співвідношення між результат і витратами визначає доцільність упровадження прийому у виробництво. Для гороху це особливо актуально через значну варіабельність ефектів інокуляції, мікроелементів і захисту залежно від року, попередника та вологозабезпечення, що потребує акценту на стабільності, окупності та ризик-менеджменті технологій [17, 76, 82, 91].

Підсумовуючи технологічні ефекти, літературні дані вказують, що практична цінність агроприйомів проявляється тоді, коли вони забезпечують не лише біологічний, а й економічний та енергетичний результат. Р. А. Вожегова та С. С. Сорокунський [17] показали, що в умовах Південного Степу економічні показники істотно варіювали залежно від сорту й системи захисту, а біологічний захист може виступати рентабельною альтернативою. Крім того, інокулянти здатні підвищувати рентабельність і енергетичну віддачу врожаю. Підтвердженням значущості біологічної складової є результати С. Ф. Козара та інші [82], які встановили, що застосування інокулянтів на основі нового штаму *Rhizobium leguminosarum* підвищувало економічну ефективність і характеризувалося високою енергетичною окупністю додаткових енерговитрат енергією додаткового врожаю. Разом із тим О. М. Мурач і В. В. Волкогон [102] наводять застереження, що не всі комбінації біопрепаратів і мікроелементів є рівноцінними. У окремих випадках базова бактеризація певним препаратом забезпечувала найвищий ефект, тоді як складніші поєднання не давали стабільної переваги за критерієм результативності. У ширшому контексті

розвитку виробництва зернобобових в Україні підкреслюється роль інновацій і трансферу технологій для підвищення прибутковості та конкурентоспроможності в умовах кліматичних викликів [113], а також необхідність технологій, що підвищують стабільність продуктивності через збалансоване живлення та стимуляцію азотфіксації [21, 169, 191].

Отже, формування та реалізація продуктивності гороху є результатом узгодженої дії ключових елементів технології, причому найвищий ефект досягається за адаптивного підходу, коли удобрення, інокуляція та захист рослин добирають з урахуванням сортових особливостей і ґрунтово-кліматичних умов. Така інтеграція технологічних рішень забезпечує високу й стабільну врожайність та економічну ефективність виробництва, водночас підсилюючи агроекологічну цінність культури. Зокрема, вирощування гороху набуває додаткової ваги в контексті карбонового землеробства, оскільки біологічна фіксація азоту, зростання надходження рослинних решток і активізація процесів гуміфікації можуть сприяти підвищенню вмісту органічної речовини ґрунту та потенційній секвестрації вуглецю, зменшуючи потребу в мінеральному азоті й пов’язані з ним викиди.

Висновки до розділу 1

Аналіз публікацій і узагальнених експериментальних даних свідчить, що продуктивність гороху визначається не окремим агроприйомом, а системою узгоджених рішень – від добору сорту й фітосанітарного забезпечення до оптимізації живлення та ефективної роботи симбіотичного апарату. Для культури критичними залишаються періоди бутонізації–цвітіння–формування бобів, коли дефіцит вологи, спека та ураження хворобами найсильніше впливають на елементи врожаю та стабільність продуктивності.

З іншого боку встановлено, що сучасні воєнні та кліматичні ризики підсилюють вимоги до ресурсозбереження і передбачуваності результату. За таких умов технологія гороху має спиратися на підходи, які одночасно

підвищують урожайність, зменшують залежність від дорогих ресурсів і підтримують родючість ґрунту, насамперед через біологізацію живлення та раціональне управління водним режимом.

Встановлено, що перспективним напрямом у межах нашого дослідного напряму є поєднання передпосівної обробки насіння, стартового удобрення та позакореневих підживлень як ресурсозберігаючої моделі інтенсифікації. У таких схемах фіксується суттєве нарощування надземної біомаси (як джерела свіжої органічної речовини): лише обробка насіння здатна збільшувати накопичення сухої речовини на 10,4%, а поєднання елементів – до 58,5% порівняно з контролем. Це підтверджує, що технологічні комбінації дають вищий ефект, ніж розрізнені заходи.

Разом з тим доведено, що ключовим механізмом підвищення стійкості й продуктивності гороху є ефективна симбіотична азотфіксація. За рахунок симбіотично фіксованого азоту та його вмісту в біомасі ґрунт може поповнюватися орієнтовно на 73,2–110,0 кг/га біологічного азоту, а приріст відносно контролю в окремих оцінках становить 19,7–60,3%. Отже, результативність технології доцільно оцінювати не лише за врожайністю, а й за рівнем повернення азоту та органічної речовини в ґрунт.

Виявлено, що практична реалізація потенціалу біологізації неможлива без узгодження системи захисту з роботою ризобій. Пестицидні навантаження та несумісність протруювання з бактеризацією можуть знижувати ефективність бульбочкоутворення. Тому технологічно обґрунтованими є рішення, де інокуляція, живлення та захист інтегруються так, щоб зберегти функціональність симбіозу впродовж вегетації.

У підсумку встановлено, що найрезультативнішим для нашого напряму є адаптивний, ресурсозберігаючий підхід, де передпосівна обробка насіння, помірне стартове удобрення та позакореневі підживлення формують основу підвищення врожайності, біомаси й азотфіксації.

РОЗДІЛ 2

ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ефективність технологій вирощування гороху посівного значною мірою визначається відповідністю агротехнічних прийомів ґрунтово-кліматичним умовам регіону. Для північної підзони Степу України характерні нестійке зволоження, нерівномірний розподіл опадів упродовж вегетації та часті прояви повітряно-ґрунтових посух, що особливо небезпечно в період формування сходів, бутонізації–цвітіння та утворення бобів. За таких умов зростає роль технологічних рішень, спрямованих на забезпечення дружніх сходів, зниження інфекційного навантаження та формування активного симбіотичного апарату.

Важливим чинником є попередник, який формує стартовий агрофон посіву (запаси продуктивної вологи, фітосанітарний стан, пожнивні рештки, рівень забур’яненості) і може істотно впливати на ріст, розвиток та реалізацію врожайного потенціалу гороху. У цьому контексті передпосівна обробка насіння протруйниками, інокулянтами та їх поєднаннями розглядається як дієвий інструмент стабілізації посівів і підвищення відтворюваності продуктивних показників у різні за погодою роки.

2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика дослідної ділянки

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в умовах науково-дослідного поля навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету (додаток А.1). Територія НДП ННЦ ДДАЕУ розміщена в південно-східній частині Придніпровської височини та за ґрунтово-кліматичними ознаками належить до північної підзони Степу України (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область). У межах цієї зони ґрунтовий покрив сформований під впливом як природних чинників, так і

тривалої господарської діяльності, що зумовлює наявність культурних агроландшафтів і, поряд із ними, антропогенно трансформованих (у тому числі еродованих) ґрунтів із погіршеними фізичними та агрохімічними властивостями [1, 5].

Клімат території є помірно континентальним із недостатнім та нестійким зволоженням, що проявляється значними коливаннями температури повітря та нерівномірністю надходження атмосферних опадів упродовж року й вегетаційного сезону. Для Північного Степу характерне переважання опадів у теплий період року: у квітні–жовтні випадає близько 60 % річної суми, причому 30–40 % припадає на літні місяці. Водночас літні опади часто мають зливовий характер, що знижує їхню ефективність щодо поповнення ґрунтових запасів вологи. Найбільш стабільне зволоження спостерігається восени та взимку, коли опади відіграють істотну роль у накопиченні доступної вологи в ґрунті. Високі температури та низька відносна вологість повітря в літній період посилюють випаровування і зумовлюють зниження вологості ґрунту до рівнів, близьких до недоступної для рослин вологи. Додатковим лімітуючим чинником є сухі вітри зі швидкістю 12–24 м/с, які реєструються кожні 17–22 доби та знижують продуктивність землеробства приблизно на 15–18 % щорічно. Зимовий період характеризується малосніжністю та частими відлигами з підвищенням температури до 7–12 °С [1, 95, 197]. За багаторічними спостереженнями авіаметеорологічної станції Дніпро Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології середньорічна температура повітря становить 9,6 °С, середньобагаторічна сума опадів – 556 мм, а тривалість безморозного періоду – 160–174 доби. Загальна річна сума активних температур вище 10 °С у районі досліджень досягає 2900–3000 °С, що загалом є сприятливим для вирощування більшості польових культур. Водночас метеорологічні показники, отримані безпосередньо для локації дослідних ділянок за даними метеостанції ННЦ ДДАЕУ, практично не відрізнялися від наведених багаторічних величин – температурного режиму, суми опадів і показників теплозабезпечення, які були ідентичними або відхилялися в межах статистично неістотних коливань, що

підтверджує репрезентативність регіональних кліматичних характеристик для конкретних умов закладання та проведення польових дослідів.

Ґрунтоутворюючими породами в степовій зоні України є леси, переважно середньо- та важкосуглинкового гранулометричного складу. У північній частині Степу домінують чорноземи звичайні, сформовані під типчаково-ковиловою рослинністю. Вони займають найбільшу площу в зоні та характеризуються високим потенціалом природної родючості [8]. Саме на лесових відкладеннях у районі проведення досліджень сформувався ґрунтовий покрив дослідної ділянки, який представлений чорноземом звичайним малогумусовим повнопрофільним середньосуглинковим на лесовій материнській породі [8, 36].

За морфологічними ознаками чорнозем звичайний відрізняється значною потужністю гумусового горизонту. Для ґрунтів науково-дослідного поля ННЦ ДДАЕУ вміст гумусу в орному шарі становить 3,8–3,9 %, а потужність гумусового горизонту досягає 54–58 см із відносно однорідним забарвленням (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Дослідна ділянка представлена чорноземом звичайним малогумусовим повнопрофільним середньосуглинковим на лесовій материнській породі

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту НДП ННЦ ДДАЕУ наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика ґрунтів НДП ННЦ ДДАЕУ в 0–30 см шарі

Показник	Значення	Метод визначення та одиниці виміру
Вміст гумусу	3,8–3,9	за методом Тюріна в модифікації Нікітіна (ДСТУ 4289:2004), % [54]
Легкогідролізований азот	90–95	за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015), мг/кг сухого ґрунту [57]
Нітратний азот	11,6–13,8	за методикою визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського (ДСТУ 4729:2007), мг/кг сухого ґрунту [55]
Рухомі сполуки фосфору	145–152	за Чириковим (ДСТУ 4115-2002), мг/кг сухого ґрунту [53]
Обмінний калій	115–119	за Чириковим (ДСТУ 4115-2002), мг/кг сухого ґрунту [53]
pH водної витяжки	6,98–7,01	потенціометрично (ДСТУ ISO 10390-2007) [58]

Наведені дані свідчать, що ґрунт дослідної ділянки НДП ННЦ ДДАЕУ в орному шарі (0–30 см) характеризується підвищеним умістом гумусу 3,8–3,9% та близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину (pH водної витяжки 6,98–7,01), що загалом формує сприятливий агрофон для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Водночас азотний режим за показником легкогідролізованого азоту (90–95 мг/кг сухого ґрунту за Корнфілдом) оцінюється як низький, а вміст нітратного азоту 11,6–13,8 мг/кг сухого ґрунту (ДСТУ 4729:2007) відображає поточний рівень мінерального азоту, який суттєво варіює залежно від гідротермічних умов та інтенсивності мікробіологічних процесів. На цьому фоні забезпеченість рухомими сполуками фосфору (145–152 мг/кг сухого ґрунту за Чириковим) відповідає підвищеному рівню, а обмінним калієм (115–119 мг/кг сухого ґрунту за Чириковим) – підвищеному рівню, що

створює передумови для ефективного живлення культури за Р, К компонентом і забезпечення адаптивності до стресових факторів [51].

Поряд із показниками доступних форм елементів живлення, валовий склад NPK ґрунту підтверджує його генетичну та агрохімічну типологічність: у шарі 0–30 см вміст загального азоту становив 0,22–0,24 %, загального фосфору – 0,13–0,15 %, загального калію – 2,2–2,5 %. Таке поєднання відносно високої гумусованості орного шару із достатніми запасами валових форм N, P і K узгоджується з типовими властивостями чорнозему звичайного малогумусового та водночас пояснює, що потенціал забезпечення елементами живлення в ґрунті є значним, проте його реалізація в посівах визначатиметься насамперед швидкістю мінералізації органічної речовини та переходом поживних елементів у доступні для рослин форми. Отже, агрохімічний фон дослідної ділянки можна вважати загалом сприятливим за реакцією середовища та фосфорно-калійним живленням, тоді як азотний компонент, особливо за показником легкогідролізованого азоту, потребує технологічного регулювання (удобрення, біологізації або поєднання прийомів) для стабілізації продуктивності в різні за зволоженням роки.

Агрофізичні показники профілю чорнозему звичайного характеризують типову диференціацію за глибиною. Щільність складення ґрунту зростала від 1,21 г/см³ у горизонті Н (0–40 см) до 1,45 г/см³ у горизонті Phk (81–128 см), що супроводжувалося зменшенням загальної пористості від 54,4 % до 46,2 %. У нижній частині профілю (Pk, 129–150 см) пористість підвищувалась до 50,9 %, що узгоджується з особливостями будови материнської породи. Вологість розриву капілярного зв’язку зменшувалася від 16,7 % у верхньому горизонті до 13,7 % у нижньому, а максимальна гігроскопічність коливалася в межах 8,21–8,45 % [59, 99, 125].

Водні властивості ґрунту свідчать про наявність істотних запасів вологи в профілі за умов достатнього зволоження та водночас про реальність ризику дефіциту доступної вологи в літньо-осінній період. Вологість стійкого в’янення рослин в шарі ґрунту 0–150 см становить 11,9–12,2 %, запас недоступної вологи

в 1,5-метровому шарі – 209,1 мм, у шарі 0–50 см – 63,1 мм. Найменша (польова) вологоємність (НВ) у ґрунтовому профілі до 150 см коливається від 22,4 до 26,9 %, а загальний запас вологи при НВ у 0–150 см сягає 468,2 мм. Розрахунковий діапазон активної вологи при НВ у шарі 0–150 см становить 256,9 мм, що в цілому відповідає типовим для степової зони умовам і визначає важливість агротехнічних заходів, спрямованих на збереження ґрунтової вологи [59, 125].

Отже, ґрунтово-кліматичні умови дослідних ділянок НДП ННЦ ДДАЕУ є характерними для Північного Степу України. Дослідна територія представлена чорноземом звичайним малогумусним повнопрофільним середньосуглинковим на лесовій породі з нейтральною реакцією ґрунтового розчину, достатньою забезпеченістю елементами живлення та сприятливими агрофізичними властивостями орного шару. Сукупність наведених показників підтверджує придатність умов дослідних ділянок для вирощування зернобобових культур, зокрема гороху, та отримання врожаю високоякісного зерна, а також забезпечує коректність порівняльної оцінки впливу попередника і прийомів передпосівної обробки насіння на формування продуктивності культури.

2.2. Погодні умови та гідротермічна ситуація в роки проведення досліджень

В зоні Північного Степу України погодні умови є одним із провідних чинників, що визначають рівень реалізації продуктивного потенціалу гороху та ефективність окремих елементів технології вирощування. Для гороху критичними є забезпечення вологою у період проростання насіння і формування сходів, а також у фазах бутонізації–цвітіння та утворення бобів, коли дефіцит ґрунтової вологи на фоні підвищених температур різко посилює транспіраційні витрати і знижує інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів [1]. У таких умовах істотно зростає роль агротехнологічних прийомів, спрямованих на підвищення польової схожості, вирівняність посівів, зниження фітосанітарного навантаження та формування активного симбіотичного апарату, зокрема

передпосівної обробки насіння та врахування попередника як чинника формування водного і поживного режимів ґрунту. Виходячи з цього, для коректної інтерпретації експериментальних результатів у 2023–2025 рр. проведено аналіз температурного режиму та атмосферних опадів за місяцями порівняно із середньобагаторічними даними, що дозволяє охарактеризувати гідротермічну ситуацію в роки досліджень і встановити її можливий вплив на ріст, розвиток та продуктивність посівів гороху (табл. 2.2, 2.3; рис. 2.2, 2.3).

Метеорологічні умови 2023 року характеризувалися підвищеним температурним фоном і загалом близьким до норми зволоженням за річною сумою, однак із нерівномірним розподілом опадів упродовж року. Середньорічна температура повітря становила 11,3 °С, що на 1,7 °С вище за середньобагаторічний показник (9,6 °С). Зимовий період був м’якшим за норму (січень –1,0 °С, лютий –0,8 °С), що зменшувало глибину промерзання ґрунту, проте опадів узимку було недостатньо для сталого поповнення запасів вологи, у січні випало 12,7 мм за середньобагаторічних 50,0 мм.

Таблиця 2.2

Температура повітря за 2023–2025 рр. (дані Дніпропетровського РЦГМ)

Місяць	Температура повітря, °С			
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середньо-багаторічні дані
Січень	–1,0	–1,5	2,3	–3,5
Лютий	–0,8	2,7	–4,5	–2,8
Березень	5,4	5,0	7,7	2,4
Квітень	10,2	15,5	11,9	9,4
Травень	16,1	16,2	15,6	16,0
Червень	20,2	23,1	20,5	20,6
Липень	23,1	26,8	25,3	22,7
Серпень	24,3	24,5	22,1	22,1
Вересень	19,3	21,6	17,7	18,1
Жовтень	11,8	12,3	10,4	9,3
Листопад	5,4	3,5	7,9	2,6
Грудень	1,5	1,4	0,7	–1,6
Середня за рік	11,3	12,6	11,4	9,6

Весна відзначалася раннім наростанням тепла (березень 5,4 °С за норми 2,4 °С), що створювало передумови для швидшої активізації вегетаційних процесів у посівах гороху. Визначальною особливістю року стала надмірна кількість опадів у квітні (100,7 мм за середньобагаторічних 43,0 мм), що забезпечувало сприятливий водний режим посівного шару в період сівби та появи сходів, підвищувало польову схожість і вирівнювало формування посівів (рис. 2.2, 2.3). У подальшому, у травні–червні, коли відбуваються інтенсивний ріст вегетативної маси, закладання генеративних органів і початок цвітіння, кількість опадів була нижчою за норму (травень 33,8 мм при нормі 46,0 мм; червень 29,4 мм при нормі 52,0 мм) за відносно високих температур (травень 16,1 °С; червень 20,2 °С), що могло обмежувати вологозабезпечення у критичні періоди водоспоживання культури. У липні, на етапі наливу зерна та завершення формування врожаю, опади становили 41,1 мм при нормі 52,0 мм за температури 23,1 °С, що відповідало достатньо сприятливому гідротермічному режиму другої половини вегетації.

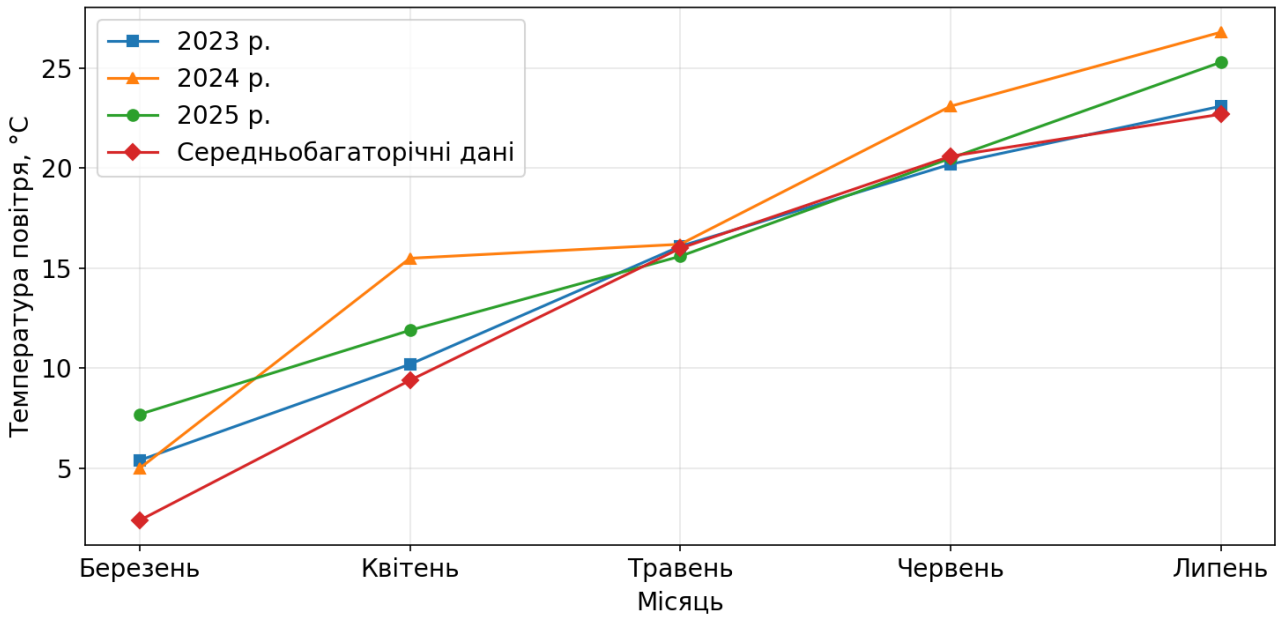


Рис. 2.2. Температура повітря під час вегетації гороху, °С

У межах вегетаційного сезону гороху березень–липень (рис. 2.2, 2.3) сума опадів становила 237,4 мм за кліматичної норми 243,0 мм, тобто відхилення було незначним (5,6 мм), а середня температура за цей період дорівнювала 15,0 °С проти 14,2 °С при нормі. Отже, попри дефіцит опадів у травні–червні, загалом у

ключовий період вегетації зволоження було наближеним до оптимального завдяки значним квітневим опадам, що формувало сприятливі умови для одержання дружних сходів і реалізації продуктивного потенціалу посівів.

Погодні умови 2024 року відзначалися поєднанням різко підвищеного температурного режиму та суттєвого дефіциту опадів у весняно-літній період, що зумовлювало розвиток посушливих явищ упродовж більшої частини вегетації гороху (рис. 2.2, 2.3). Середньорічна температура повітря становила 12,6 °С, що на 3,0 °С перевищувало середньобагаторічне значення (9,6 °С). Найвиразніші позитивні відхилення спостерігали у кінці зими та навесні, а саме, лютий був аномально теплим (2,7 °С за норми –2,8 °С), а квітень характеризувався різким потеплінням (15,5 °С за норми 9,4 °С), що сприяло ранньому прогріванню ґрунту, прискоренню ростових процесів і скороченню тривалості окремих фенологічних фаз. Водночас у березні–травні відмічено значний недобір опадів (17,7 мм за норми 50,0 мм; 13,9 мм за норми 43,0 мм; 11,4 мм за норми 46,0 мм, відповідно), тобто в період сівби, появи сходів, формування листкової поверхні та початку генеративного розвитку посіви перебували в умовах дефіциту ґрунтової вологи.

Таблиця 2.3

Кількість опадів за 2023–2025 рр. (дані Дніпропетровського РЦГМ)

Місяць	Сума опадів, мм			
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середньо-багаторічні дані
Січень	12,7	64,7	7,4	50,0
Лютий	30,5	29,8	17,4	42,0
Березень	32,4	17,7	40,3	50,0
Квітень	100,7	13,9	8,7	43,0
Травень	33,8	11,4	37,5	46,0
Червень	29,4	29,9	14,8	52,0
Липень	41,1	45,2	9,4	52,0
Серпень	29,1	1,6	25,6	43,0
Вересень	14,0	11,8	7,7	48,4
Жовтень	37,8	38,0	62,0	38,0
Листопад	89,0	45,0	26,2	45,0
Грудень	48,5	47,0	29,5	47,0
Сума опадів за рік	499,0	356,0	289,5	556,4

За таких обставин зростає ризик зрідження та нерівномірності сходів, а також зниження активності симбіотичного апарату, особливо на фоні підсиленого випаровування. У червні–липні, коли горох проходить фази масового цвітіння, утворення бобів і наливу насіння, температурний режим залишався підвищеним (23,1 °C за норми 20,6 °C; 26,8 °C за норми 22,7 °C, відповідно), а опади були нижчими за середньобагаторічні (29,9 мм при нормі 52,0 мм; 45,2 мм при нормі 52,0 мм), що формувало напружену гідротермічну ситуацію та могло зумовлювати скорочення тривалості наливу, зниження маси 1000 насінин і продуктивності бобів. У межах вегетаційного сезону березень–липень сума опадів становила лише 118,1 мм за кліматичної норми 243,0 мм, тобто недобір досяг 124,9 мм, що узгоджується з характером динаміки гідротермічного режиму на рисунках 2.2–2.3 і пояснює формування водного стресу в критичні фази розвитку культури. Загалом річна сума опадів становила 356,0 мм, що на 200,4 мм менше середньобагаторічного значення (556,4 мм). Отже 2024 рік за зволоженням належав до посушливих, а вегетаційний період гороху проходив за умов дефіциту вологи при підвищених температурах, що є типовою комбінацією стресових факторів для формування врожаю (рис. 2.2, 2.3).

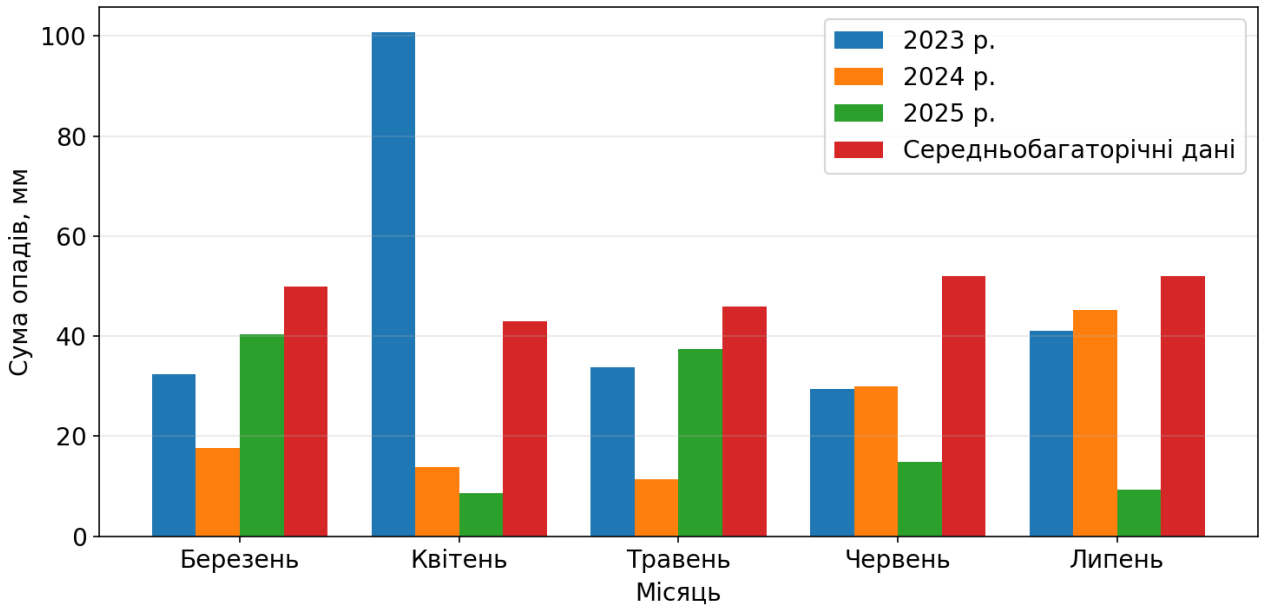


Рис. 2.3. Сума опадів під час вегетації гороху, мм

Метеорологічні умови 2025 року формувалися за поєднання підвищеного температурного фону та різко недостатнього зволоження, унаслідок чого впродовж більшої частини року, а особливо у період вегетації гороху, спостерігалася напружена гідротермічна ситуація (табл. 2.2, 2.3; рис. 2.2, 2.3). Середньорічна температура повітря становила 11,4 °С, що на 1,8 °С перевищувало середньобагаторічний показник (9,6 °С). Найбільш контрастні відхилення фіксувалися у зимовий період, а саме, січень був аномально теплим (2,3 °С порівняно з нормою –3,5 °С, відхилення +5,8 °С), тоді як лютий – холоднішим за норму (–4,5 °С порівняно з нормою –2,8 °С). Навесні відбулося швидке наростання тепла, що сприяло ранньому прогріванню ґрунту та активізації ростових процесів – у березні середня температура становила 7,7 °С за норми 2,4 °С, у квітні – 11,9 °С за норми 9,4 °С. Водночас у період сівби та формування сходів, коли для гороху критичним є зволоження посівного шару, відмічено різкий дефіцит опадів. У квітні випало лише 8,7 мм за середньобагаторічних даних 43,0 мм, що могло обмежувати набухання насіння, знижувати польову схожість і спричиняти нерівномірність сходів.

У межах вегетаційного сезону березень–липень температурний режим загалом був вищим за середньобагаторічний, при цьому середня температура за цей період становила 16,2 °С порівняно з нормою 14,2 °С, тоді як найбільші позитивні відхилення припадали на березень і липень (у липні 25,3 °С порівняно з нормою 22,7 °С). За кількістю опадів вегетаційний період характеризувався різко недостатнім зволоженням: сумарно за березень–липень випало 110,7 мм за кліматичної норми 243,0 мм, тобто недобір становив 132,3 мм (близько 46 % від норми). Найбільш критичний дефіцит сформувався у червні–липні, коли горох проходить фазу бутонізація–цвітіння, утворення бобів і наливу насіння, а саме у червні випало 14,8 мм за норми 52,0 мм (недобір 37,2 мм), у липні – 9,4 мм за норми 52,0 мм (недобір 42,6 мм). Така комбінація низьких опадів і підвищених температур у другій половині вегетації закономірно посилювала транспіраційні витрати, обмежувала інтенсивність фотосинтезу та симбіотичної азотфіксації, підвищувала ризик осипання квіток і зав’язі, а також зумовлювала формування

меншої кількості бобів і зниження маси насіння. Загалом річна сума опадів у 2025 р. становила 289,5 мм, що на 266,9 мм менше за середньобагаторічний рівень (556,4 мм), тобто за зволоженням рік належав до різко посушливих.

Отже, метеорологічні умови 2023–2025 рр. суттєво різнилися за гідротермічними характеристиками, що забезпечило контрастний фон для оцінки технологічних прийомів вирощування гороху. 2023 рік характеризувався підвищеним температурним режимом і загалом достатнім зволоженням у критичні фази розвитку гороху, насамперед завдяки значним квітневим опадам, що сприяло формуванню дружних сходів та кращій реалізації продуктивного потенціалу. 2024 рік відзначався різко підвищеними температурами та дефіцитом опадів у період сівби та початкового росту з подальшим посиленням посушливості, унаслідок чого посіви розвивалися в умовах водного стресу, що могло негативно впливати на інтенсивність ростових процесів і перебіг генеративного розвитку. 2025 рік був різко посушливим, із найбільш вираженим дефіцитом вологи упродовж вегетаційного сезону, зокрема у фазах бутонізації–цвітіння та наливу насіння, що створювало передумови для обмеження формування елементів структури врожаю. Таким чином, різноспрямовані гідротермічні умови років досліджень дають змогу об’єктивно інтерпретувати реакцію посівів гороху на попередник і передпосівну обробку насіння та оцінити стабільність прояву їх ефективності за різного рівня забезпеченості теплом і вологою.

2.3. Методика проведення досліджень

Польові та лабораторні дослідження виконували з дотриманням загальноприйнятих вимог до постановки польового експерименту та аналітичних визначень, що забезпечує відтворюваність і достовірність отриманих результатів. Закладання і ведення польових дослідів здійснювали за методиками агрономічних досліджень [59, 99, 125], а спостереження та обліки –

відповідно до «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [100].

Дослідження з горохом посівним (*Pisum sativum* L.) сорту Мадонна проводили у 2023–2025 рр. на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Агротехнічні заходи виконували відповідно до зональних рекомендацій для Північного Степу України [105].

Польовий експеримент закладали як двофакторний дослід.

Фактор А – попередник:

1. пшениця озима;
2. соняшник.

Фактор В – передпосівна обробка насіння:

1. без обробки (контроль);
2. Вайбранс РФС (1,0 л/т);
3. Редіго (1,0 л/т);
4. Сферіко (1,0 л/т);
5. Авідо (1,0 л/т);
6. Ризолайн (3,0 л/т) + Ризосейв (1,0 л/т);
7. Атува (2,0 л/т) + Премакс (0,5 л/т);
8. Ризолайн (3,0 л/т) + Ризосейв (1,0 л/т) + Вайбранс РФС (1,0 л/т);
9. Ризолайн (3,0 л/т) + Ризосейв (1,0 л/т) + Редіго (1,0 л/т);
10. Ризолайн (3,0 л/т) + Ризосейв (1,0 л/т) + Сферіко (1,0 л/т);
11. Ризолайн (3,0 л/т) + Ризосейв (1,0 л/т) + Авідо (1,0 л/т);
12. Атува (2,0 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС;
13. Атува (2,0 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1,0 л/т);
14. Атува (2,0 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1,0 л/т);
15. Атува (2,0 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1,0 л/т).

Розміщення варіантів було систематичним із рендомізацією в межах повторень (додаток А.2). Повторність – чотириразова. Облікова площа ділянки – 28,0 м² (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Загальний вигляд дослідних ділянок

Основний обробіток ґрунту включав оранку на глибину 23–25 см; передпосівну підготовку виконували весняною культивацією з боронуванням. Сівбу проводили в оптимальні строки 25 березня при прогріванні ґрунту 3–5 °С сівалкою WINTERSTEIGER Plotseed S (рис. 2.5). Норма висіву становила 1,3 млн схожих насінин/га; ширина міжрядь – 15 см; глибина загортання насіння – 5–6 см. Система живлення була уніфікованою для всіх варіантів – $P_{30}K_{30}$ під передпосівну культивацію. Догляд за посівами та захист рослин проводили за чинними регламентами для гороху. Для контролю однорічних дводольних бур’янів посіви гороху обприскували гербіцидом Базагран у фазу 5–6 листків культури нормою 3,0 л/га. Після соняшнику додатково забезпечували рівномірне подрібнення та розподіл пожнивних решток на поверхні поля.

Передпосівну обробку насіння виконували безпосередньо перед сівбою згідно з регламентами застосування препаратів. Робочі суспензії готували у рекомендованих нормах при витратах препаратів на 1 т насіння, забезпечуючи

рівномірне покриття поверхні насінини. У варіантах сумісного використання інокулянтів і фунгіцидних протруйників дотримувалися технологічної послідовності приготування суміші та сумісності компонентів, що мінімізує ризик зниження життєздатності інокулянтних бактерій.



Рис. 2.5. Сівба дослідних ділянок сучасною селекційною сівалкою WINTERSTEIGER Plotseed S

Перед закладанням досліду проводили агрохімічний аналіз ґрунту (шар 0–30 см) із визначенням: вмісту загального гумусу за методом Тюріна в модифікації Нікітіна (ДСТУ 4289:2004) [54], легкогідролізованого азоту за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015) [57], вмісту нітратного азоту за методикою визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського (ДСТУ 4729:2007) [51], рухомих сполук фосфору та обмінного калію за методом Чирикова (ДСТУ 4115:2002) [53], а також pH водної витяжки потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2007) [58].

Фенологічні спостереження проводили протягом вегетації з фіксацією строків настання фаз: сходи, бутонізація, цвітіння, утворення бобів, налив

насіння, фізіологічна стиглість, повна стиглість [59, 99, 125]. Початок фази відмічали при входженні у фазу 10 % рослин, повну фазу – при 75 % рослин у відповідній стадії розвитку [59, 99, 125]. Густоту стояння визначали у фазу сходів і перед збиранням врожаю. Виживання рослин розраховували як відношення кількості рослин перед збиранням до кількості рослин у фазі сходів.

Біометричні показники та елементи структури врожаю визначали на 20 типових рослинах із кожної ділянки. Обліковували висоту рослин (см), кількість бобів з рослини (шт.), кількість зерен у бобі (шт.), кількість зерен (шт.) і масу зерна з рослини (г), масу 1000 зерен (г).

Площу фотосинтезуючої поверхні посівів визначали методом висічок за А. А. Ничипоровичем [48, 99, 125] з урахуванням морфологічних особливостей вусатих сортів [100]. За даними динаміки листкової поверхні розраховували фотосинтетичний потенціал (ФП), млн м²·діб/га, за формулою:

$$ФП = \Sigma[(Л_1 + Л_2)\cdot Т_1] / 2,$$

де $Л_1$ та $Л_2$ – площа листків у суміжні строки обліку, тис. м²/га;

$Т_1$ – тривалість інтервалу між строками, діб.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), г сухої речовини/м² листкової поверхні за добу, обчислювали за формулою Кідда–Веста–Бріггса:

$$ЧПФ = (В_2 – В_1) / [0,5\cdot(Л_1 + Л_2)\cdot Т],$$

де $В_1$ і $В_2$ – суха маса на початку і в кінці облікового періоду, г/м²; $Л_1$ і $Л_2$ – площа листкової поверхні на початку і в кінці періоду, м²/м²;

Т – тривалість періоду, днів.

Симбіотичну азотфіксувальну здатність оцінювали за показниками бульбочкоутворення. Кількість і масу бульбочок визначали за методикою Г. С. Посипанова [59, 99, 125]. Активний симбіотичний потенціал (АСП), кг·днів/га, визначали за формулою:

$$АСП = (М_1 + М_2)\cdot Т / 2,$$

де $М_1$ і $М_2$ – маса активних (з легемоглобіном) бульбочок у два суміжні строки аналізу, кг/га;

Т – період між строками аналізу, днів.

Кількість біологічно фіксованого азоту розраховували за АСП і питомою активністю симбіозу згідно з методикою [59, 99, 125].

Облік урожаю проводили у фазі повної стиглості шляхом суцільного обмолоту облікової ділянки комбайном SAMPO-130 (рис. 2.6). Урожайність з ділянки приводили до стандартної вологості 14 % і 100 % чистоти та виражали у т/га [125]. Показники якості зерна визначали за вмістом білка методом інфрачервоної спектроскопії [48, 125].



Рис. 2.6. Поділянкове збирання врожаю зерна гороху комбайном SAMPO-130

Інтегральну оцінку ефективності технологічних варіантів виконували за економічними та біоенергетичними показниками. Економічну ефективність розраховували за технологічними картами на основі фактичних витрат і цін ресурсів та продукції в роки проведення досліджень (2023–2025 рр.) із визначенням виробничих витрат, собівартості, умовного чистого прибутку і рівня рентабельності [13, 17, 85, 91]. Біоенергетичний аналіз проводили за загальноприйнятими методиками з визначенням сукупних енерговитрат, енергоємності 1 т зерна та коефіцієнта енергетичної ефективності (Кее) [17, 141].

Математично-статистичну обробку результатів виконували методом дисперсійного аналізу з оцінкою дії факторів А, В та їх взаємодії А×В за роками

та за середнім за 2023–2025 рр. Достовірність різниць між середніми оцінювали за $НІР_{05}$. Розрахунки здійснювали з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel і Statistica [142].

2.4. Характеристика сорту та досліджуваних препаратів

Сорт гороху посівного Мадонна (Madonna) – високоврожайний сорт німецької селекції, оригінатор Норддойче Пфланценцухт Ганс-Георг Лембке КГ (Німеччина). Сорт належить до середньоранньої групи з вегетаційним період 78–90 діб, характеризується дружним і рівномірним достиганням, що підвищує технологічність вирощування та знижує втрати під час збирання [46].

Сорт інтенсивного типу, придатний до механізованого збирання та прямого комбайнування, відзначається стійкістю до полягання та осипання, що є важливими ознаками для мінімізації втрат урожаю (рис. 2.7.).



Рис. 2.7. Горох посівний сорт Мадонна

Морфологічні та господарсько-цінні ознаки. Рослини сорту Мадонна відносять до половинчасто-безлистого (semi-leafless) типу. Висота рослин коливається в межах 53–95 см. Квітки білі, максимальна кількість квіток на вузол – дві. Боби дуже слабо вигнуті, з тупою верхівкою. Ознака кількості насінин у бобі характеризується як мала або середня. За даними виробничих спостережень, типовим значенням є 8 насінин у бобі.

Насіння продовольчого напряму використання, переважно жовте/жовто-рожеве, округле. Маса 1000 зерен становить 210–245 г (у довідкових даних трапляється 229–254 г), що слід враховувати під час розрахунку норми висіву за масою. Вміст протеїну становить 22–24%, що підтверджує придатність сорту для продовольчих цілей.

Норма сівби. За даними оригінатора сорту Мадонна, норма сівби становить 0,8–1,3 млн/га схожих насінин. У практичних рекомендаціях (для умов достатнього зволоження) зустрічаються також значення 1,0–1,3 млн схожих насінин на 1 га як оптимальні (залежно від строку сівби та зони) [105].

Урожайність і адаптивність. Сорт характеризують як високоврожайний: у виробничих умовах в Україні врожайність становить на рівні 2,0–5,0 т/га, а потенціал – близько до 5,0–6,0 т/га. Важлива ознака сорту – підвищена посухостійкість, завдяки чому він забезпечує відносно стабільну продуктивність у роки з дефіцитом вологи.

Збирання врожаю проводили при досягненні вологості зерна 16–19 %, що зменшує втрати та травмування насіння під час обмолоту.

У дослідах із горохом посівним сорту Мадонна, закладених для оцінювання впливу попередника та варіантів передпосівної обробки насіння, застосовували хімічні фунгіцидні протруйники та біологічні інокуляційно-протекторні системи. Передпосівну обробку проводили шляхом рівномірного нанесення препарату (або суміші препаратів) на насіння з доведенням робочої рідини до технологічно прийнятного об’єму для якісного покриття, після чого насіння підсушували до сипучого стану та висівали.

Вайбранс РФС 112,5 FS застосовували як комплексний фунгіцидний протруйник насіння з поєднанням контактної та системної дії. Препаративна форма – текучий концентрат для обробки насіння (ТН), діючі речовини – седаксан 49,98 г/л (інгібітор сукцинатдегідрогенази, FRAC 7), флудіоксоніл 25,04 г/л (фенілпірол, FRAC 12) та металаксил-М 37,51 г/л (феніламід, FRAC 4). Таке поєднання забезпечує пригнічення комплексу ґрунтових і насіннєвих інфекцій на ранніх етапах органогенезу, зокрема збудників кореневих гнилей і

пліснявіння насіння, а також ооміцетів завдяки наявності металаксилу-М. Оригінатор компанія Сингента Кроп Протекшн АГ (Syngenta Crop Protection AG, Швейцарія), дата державної реєстрації – 01.11.2021, термін реєстрації – до 31.12.2029.

Рediго® М 120 FS використовували як системний двокомпонентний фунгіцидний протруйник насіння (ТН) із діючими речовинами – протіоконазол 100 г/л (триазолінтіон, інгібітор деметилювання, FRAC 3) та металаксил 20 г/л (феніламід, FRAC 4). У технологічному аспекті протіоконазол забезпечує контроль широкого спектра мікозів на стадії проростання та появи сходів, а металаксил підсилює дію проти ооміцетів, що є важливим у разі ризику ураження проростків ґрунтовою інфекцією за прохолодної та вологої погоди. Оригінатор – Bayer (Байєр), дата державної реєстрації – 15.06.2018, термін реєстрації – до 31.12.2026.

Сферіко™ застосовували як фунгіцидний протруйник насіння (ТН) з діючими речовинами – флудіоксоніл 25 г/л та металаксил 20 г/л, що поєднує контактну проти спороношення та початкового розвитку патогенів (флудіоксоніл) із системною дією проти ооміцетів (металаксил). Препарат доцільний для зниження ризику ураження насіння та проростків комплексом ґрунтових і насіннєвих інфекцій у стресових умовах початку вегетації. Оригінатор – ADAMA, дата державної реєстрації – 06.04.2016, термін реєстрації – до 31.12.2028.

Авідо застосовували як спеціалізований трикомпонентний фунгіцидний протруйник (ТН) із діючими речовинами – тіофанат-метил 435 г/л (бензимідазоли), крезоксим-метил 50 г/л (стробілурини) та цимоксаніл 15 г/л. Комбінація компонентів забезпечує багатовекторний вплив на патогени (системна дія тіофанат-метилу, профілактично-захисна дія стробілурину та швидка «стоп-дія» цимоксанілу), що розширює потенційний спектр контролю збудників у фазі проростання насіння та формування сходів. Оригінатор – Alfa Smart Agro, дата державної реєстрації – 25.09.2020, термін реєстрації – до 31.12.2025.

Ризолайн® у поєднанні з Ризосейв® розглядали як біологічний варіант передпосівної обробки, спрямований на підсилення симбіотичної азотфіксації та стабілізацію ефективності інокуляції в польових умовах. Інокулянт Різолайн-р (БТУ-Центр, BTU-Center) позиціонується як біопрепарат для бобових культур у за даними оригінатора вказано мікробіологічну природу препарату на основі *Rhizobium leguminosarum* та не менше (2,0–6,0) × 10^9 КУО/$см^3$, а також належність до інокулянтів для бобових (зокрема гороху). Оригінатор інокулянту – БТУ-Центр (BTU-Center). Біопротектор Різосейв-р застосовували як протекторносій для пролонгації закріплення інокулянтів (і мікоризних препаратів) на насінні. Використання біопротектора дає змогу виконувати обробку насіння безпосередньо перед сівбою або за 1–30 діб до висіву та фактично усуває потребу в окремих прилипачах. Оригінатор біопротектору – БТУ-Центр (BTU-Center).

Комплекс Атува® та Премакс™ застосовували як інокуляційно-протекторну систему, що технологічно спрямована на забезпечення високої життєздатності бульбочкових бактерій на насінні та зменшення стресу мікроорганізмів у присутності хімічних чинників. Атува є інокулянтом на основі *Bradyrhizobium japonicum* (штам 5079 і штам 5080) із високим титром ($2×10^{10}$ КУО/мл) та із технологією підвищення виживання бактерій (OSMO-protection). Оригінатор – компанія Syngenta. Премакс™ – біологічний протектор (адгезивно-живильна матриця), призначений для технологічного супроводу інокуляції насіння бобових культур і стабілізації якості нанесення мікробіологічних препаратів у передпосівному циклі. Премакс™ у цій системі діє як адгезивно-протекторний компонент. Після нанесення на насіння препарат формує тонкий рівномірний шар, що підвищує утримання робочої суспензії на поверхні насінини, забезпечує більш однорідне покриття інокулянтом і зменшує втрати життєздатних клітин унаслідок стирання та обсипання під час транспортування, перевантаження і сівби. Водночас протектор формує для мікроорганізмів мікросередовище з підвищеною вологоємністю та буферними властивостями, що критично важливо для збереження життєздатності клітин на поверхні насіння до моменту потрапляння в ґрунт. З технологічної точки зору

важливо, що регламент застосування для таких біологічних систем передбачає мінімізацію стресів під час інокуляції – роботу без прямих сонячних променів, використання робочої рідини у короткий термін після приготування та дотримання помірних температур, що додатково підкреслює функцію Премакс™ як протектора, спрямованого на збереження життєздатності мікроорганізмів на насінні й, відповідно, на підвищення відтворюваності формування бульбочок і симбіотичної азотфіксації в польовому досліді.

Висновки до розділу 2

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в умовах Північного Степу України, яка характеризується нестійким зволоженням і періодичними проявами повітряно-ґрунтових посух, що формують критичний режим вологозабезпечення для польових культур.

Ґрунтово-кліматичні умови дослідних ділянок є типовими для північної підзони Степу та загалом придатними для вирощування зернових, зернобобових і олійних культур, забезпечуючи можливість формування врожаю зерна належної якості.

Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень відзначалися істотною мінливістю температурного режиму та кількості опадів упродовж вегетації, що дозволило об’єктивно оцінити реакцію посівів гороху на відмінності гідротермічного забезпечення і встановити роль технологічних прийомів у стабілізації продуктивності.

Польові досліди закладали та проводили відповідно до загальноприйнятих методик польового експерименту, агротехніка вирощування гороху відповідала зональним рекомендаціям для Північного Степу України. Усі варіанти досліду виконували за єдиним базовим агрофоном, що забезпечило коректність порівнянь і мінімізувало вплив сторонніх чинників на результати.

Запропонована схема досліду дає змогу об’єктивно оцінити дію попередника та варіантів передпосівної обробки насіння (протруйники,

інокулянти й їх комбінації) на формування посівів, ріст і розвиток рослин, елементи структури врожаю та рівень урожайності гороху. Крім того, вона забезпечує підґрунтя для комплексного узагальнення ефективності технологічних рішень за економічними показниками та результатами біоенергетичної оцінки.

РОЗДІЛ 3

РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

Оцінювання росту та розвитку рослин гороху є необхідною умовою наукового обґрунтування технології вирощування, оскільки саме на ранніх етапах вегетації закладаються передумови майбутньої продуктивності посіву. Попередник формує вихідний агрофон (запаси продуктивної вологи, доступність елементів живлення, структурний стан ґрунту та рівень фітосанітарного навантаження), що визначає дружність сходів і темпи початкового росту. Передпосівна обробка насіння (протруювання, інокуляція та їх поєднання) спрямована на підвищення реалізації посівних якостей, захист проростків від ґрунтової інфекції, активізацію розвитку кореневої системи та посилення симбіотичної азотфіксації, що є критично важливим для гороху як зернобобової культури.

3.1. Схожість насіння гороху під впливом попередників та передпосівної обробки насіння

Схожість насіння є базовим показником, який визначає густоту стояння та вирівняність посівів гороху, а отже – початкові умови формування листкової поверхні, симбіотичного апарату і майбутньої продуктивності агроценозу в умовах Північного Степу України. Для культури особливо важливо, щоб насіння зберігало високу життєздатність не лише за оптимальних лабораторних умов, а й за дії стресових чинників ранньовесняного періоду, коли поєднання низьких температур, коливань зволоження та інфекційного фону ґрунту може істотно знижувати фактичну польову схожість. Відомо, що польова схожість залежить від комплексу чинників, зокрема біологічної повноцінності посівного матеріалу, способів вирощування та підготовки насіння до сівби, агротехнічних заходів,

гідротермічних умов, а також наявності шкідників і хвороб у період від сівби до появи сходів [33]. Упродовж вегетації кількість рослин на одиницю площі в посівах закономірно зменшується під впливом несприятливих факторів, тому отримання дружних сходів і формування оптимальної густоти на початку росту набуває важливого значення. На цьому наголошували вітчизняні та зарубіжні вчені, підкреслюючи, що одержання дружних сходів і оптимальної густоти гороху є запорукою формування високого врожаю [33, 151, 156]. Висока польова схожість є важливою передумовою забезпечення нормальної густоти посіву. Натомість надмірне зрідження посіву уповільнює розвиток культури та спричиняє перебудову фітоценозу, адже рослини реагують на зміну густоти, змінюючи інтенсивність росту і розвитку [26, 154, 165].

Для вирішення цього важливого питання було проведено комплексну оцінку схожості насіння гороху сорту Мадонна за трьома методиками – лабораторна (стандартна), cold-test та польова (табл. 3.1, рис. 3.1).



(а) (б) (в)

Рис. 3.1. Визначення схожості насіння гороху сорту Мадонна:
(а) –лабораторна (ДСТУ 4138-2002), (б) – cold-test, (в) – польова

Лабораторну схожість визначали за чинним стандартом ДСТУ 4138-2002, відповідно до якого насіння пророщували за постійної температури 20 °С упродовж 8 діб із розміщенням насінин між шарами фільтрувального паперу [48]. Водночас результати стандартного пророщування не завжди повністю відображають здатність насіння формувати сходи в полі. Зокрема, за даними

вітчизняних та зарубіжних дослідників розходження між лабораторною та польовою схожістю може становити 6–16 % [39]. Для наближення оцінки посівних якостей до умов ранньовесняного проростання застосовано cold-test. Американські вчені розробили методику холодного тесту для гороху на ґрунтовому субстраті за 70 % вологості із семиденним холодним періодом при температурі 4–6 °С та подальшим восьмиденним теплим періодом при температурі 16–18 °С і показали, що результати цього тесту мають тісніший зв’язок із польовою схожістю, ніж показники стандартного пророщування [167]. Польову схожість у наших дослідженнях визначали у фазі повних сходів шляхом підрахунку кількості рослин, що з’явилися на облікових ділянках у межах кожної повторності, після чого розраховували її як відсоткове відношення кількості фактичних сходів до кількості висіяного насіння на відповідній площі обліку за загальноприйнятою методикою [48].

Аналізуючи дані таблиці 3.1, встановлено, що за лабораторної оцінки в контролі схожість становила 94,2 %. Застосування протруйників як окремого прийому в більшості випадків супроводжувалося зниженням лабораторної схожості до 89,8–91,4 %, тобто на 2,8–4,4 % відносно контролю. Найменше значення відмічено у варіанті Авідо (89,8 %), де різниця з контролем становила – 4,4 %, тоді як Вайбранс РФС забезпечив 91,4 %, Редіго – 90,9 %, Сферіко – 90,7 %.

Така тенденція узгоджується з методичними особливостями стандартного пророщування, оскільки в умовах оптимальної температури та вологості можливий прояв пригнічення частини проростків внаслідок контакту насінини з діючими речовинами препаратів. На відміну від протруйників, варіанти з біологічними компонентами і стимулюючими композиціями забезпечили зростання лабораторної схожості: у варіанті Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) вона досягла 97,3 %, що на 3,1 % перевищувало контроль, а у варіанті Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) – 96,7 %, вище відносно контролю на 2,5 %. Комбіновані схеми, де інокулянт поєднували з протруйником, загалом стабілізували лабораторну схожість у межах 92,9–95,6 %.

Таблиця 3.1

Схожість насіння гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після різних попередників, %
(середнє за 2023–2025 рр., x±SD, n=12)

Варіант	Схожість насіння, %			
	лабораторна	cold-test	польова	
			пшениця озима	соняшник
Без обробки (контроль)	94,2±1,6^{a}	84,1±1,1^{a}	80,3±1,0^{a}	74,1±0,9^{a}
Вайбранс РФС (1 л/т)	91,4±1,2^{b}	89,2±1,3^{bc}	86,5±1,2^{bc}	82,1±1,2^{bc}
Рediго (1 л/т)	90,9±1,1^{b}	88,6±1,2^{b}	85,7±1,1^{b}	81,3±1,1^{b}
Сферіко (1 л/т)	90,7±1,1^{b}	88,4±1,2^{b}	85,5±1,1^{b}	81,1±1,1^{b}
Авідо (1 л/т)	89,8±1,0^{b}	87,6±1,2^{b}	84,6±1,1^{b}	80,2±1,0^{b}
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	97,3±1,9^{c}	93,4±1,3^{c}	88,6±1,2^{c}	84,5±1,1^{c}
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	96,7±1,8^{c}	93,1±1,3^{c}	87,8±1,2^{bc}	83,6±1,0^{bc}
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	95,6±1,8^{c}	93,5±1,3^{c}	89,3±1,2^{c}	85,2±1,1^{c}
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рediго (1 л/т)	94,8±1,7^{a}	93,0±1,3^{c}	88,5±1,2^{c}	84,4±1,1^{c}
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	93,9±1,6^{a}	91,8±1,2^{bc}	88,2±1,2^{c}	84,0±1,1^{c}
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	93,7±1,6^{a}	91,6±1,2^{bc}	87,6±1,1^{bc}	83,3±1,0^{bc}
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	94,6±1,7^{a}	92,4±1,2^{bc}	88,4±1,2^{c}	84,1±1,1^{c}
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рediго (1 л/т)	93,8±1,6^{a}	92,1±1,2^{bc}	87,7±1,1^{bc}	83,4±1,0^{bc}
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	93,6±1,6^{a}	91,7±1,1^{bc}	87,5±1,2^{bc}	83,1±1,2^{a}
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	92,9±1,5^{ab}	90,6±1,1^{bc}	87,2±1,2^{bc}	82,4±1,2^{a}

Примітка: різними літерами наведені значення, які суттєво відрізняються одна від одної в межах графи таблиці за критерієм Тьюкі ($P<0,05$) з поправкою Бонферонні.

Найкращий результат серед комбінацій мав варіант Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС (95,6 %), в той час як найнижчий у цій групі показник відзначено за поєднання Атува + Премакс + Авідо (92,9 %). Отже, лабораторний тест показує, що стандартні умови пророщування можуть фіксувати зниження

схожості під дією окремих протруйників, тоді як інокуляційні препарати підвищують лабораторну схожість і нівелюють дію протруйників при сумісних обробках.

Показник методики cold-test (холодне пророщування) продемонстрував іншу закономірність, більш закономірну для оцінювання проростання насіння в умовах ранньовесняної сівби. У контролі показник схожості при застосуванні холодного пророщування становив 84,1 %, тоді як у всіх оброблених варіантах схожість зростала, що свідчить про підвищення стійкості проростків до понижених температур і ґрунтових умов пророщування. Використання протруйників підвищували показники холодного пророщування до 87,6–89,2 %, тобто на 3,5–5,1 % вище відносно контролю. Найбільше зростання схожості у варіанті з протруюванням насіння забезпечив препарат Вайбранс РФС – 89,2 %. Значно вищі показники сформували біологічні та комбіновані схеми застосування препаратів при обробці насіння гороху: Ризолайн + Ризосейв – 93,4 %, Атува + Премакс – 93,1 %, а максимальний показник зафіксовано у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС – 93,5 %. Близькими за рівнем схожості були також Ризолайн + Ризосейв + Редіго (93,0 %) та Атува + Премакс + Вайбранс РФС (92,4 %). Таким чином, показник схожості насіння за методикою cold-test найбільш чітко диференціював ефективність варіантів передпосівної обробки, підтверджуючи перевагу схем із біологічними компонентами (самостійно та в комбінації з протруйниками), що має безпосереднє значення для прогнозування дружності сходів за прохолодних умов весни.

Найбільш інформативною для виробничої практики є польова схожість, оскільки вона визначає фактичну густоту рослин і відображає інтегральний результат взаємодії якості насіння, агрофону попередника та погодних умов у період від сівби до появи сходів. Після попередника пшениця озима польова схожість у контролі становила 80,3 %, тоді як застосування протруйників підвищувало її до 84,6–86,5 %, при цьому максимальні значення зафіксовані при використані дослідного варіанту Вайбранс РФС – 86,5 %. Варіанти з

біологічними препаратами та їх комбінаціями з хімічними протруйниками забезпечили більш вищі показники в межах 87,2–89,3 %. Максимальне значення польової схожості після пшениці озимої було одержано у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС (89,3 %), що на 9,0 % перевищувало контроль. Водночас близькі значення польової схожості спостерігали у варіантах Ризолайн + Ризосейв (88,6%) та Ризолайн + Ризосейв + Редіго (88,5%). Отже, навіть за відносно сприятливішого попередника передпосівна обробка насіння істотно підвищувала польову реалізацію схожості, сприяючи формуванню більш вирівняного посіву.

Після попередника соняшнику вихідні умови для формування сходів були менш сприятливими, що проявилося у зниженні польової схожості в усіх дослідних варіантах. У контролі показник становив 74,1 %, тобто на 6,2 % менше порівняно з попередником пшениця озима (80,3 %), що відображає негативний вплив агрофону соняшнику на початковий період розвитку культури. Водночас передпосівна обробка забезпечила виражений компенсаторний ефект: протруйники підвищували польову схожість до 80,2–82,1 % (вище на 6,1–8,0 % відносно контролю), тоді як біологічні та комбіновані схеми – до 83,1–85,2 %. Найкращий результат після попередника соняшнику також забезпечив варіант Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС – 85,2 %, де зростання до контролю становило 11,1 %. Високими залишалися також показники польової схожості при застосуванні препаратів Ризолайн + Ризосейв (84,5 %) та Ризолайн + Ризосейв + Редіго (84,4 %). Показово, що різниця між попередниками для контрольного варіанта була найбільшою (6,2 %), тоді як у варіантах з ефективними схемами обробки вона зменшувалася до 4,1–4,4 %, тобто передпосівна обробка частково вирівнювала негативний вплив соняшнику як попередника на формування сходів.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що попередник істотно визначає рівень польової схожості: після соняшнику польова схожість системно нижча, ніж після пшениці озимої. Передпосівна обробка насіння стабільно підвищує показники методики cold-test і польової схожості, причому найбільш

виражений і відтворюваний ефект забезпечують схеми з біологічними препаратами, особливо у поєднанні з протруйником. Практичне значення встановлених закономірностей полягає у зменшенні ризику зрідження посівів, формуванні оптимальної густоти та кращої вирівняності фітоценозу, що створює необхідні передумови для подальшого покращення елементів структури врожаю і врожайності гороху.

3.2. Густота рослин гороху і виживання залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників

Виживання рослин гороху в період від появи сходів до збирання є сукупною ознакою, що характеризує ефективність технологічних прийомів і відображає сумарну дію абіотичних та біотичних факторів на посів упродовж вегетації. На відміну від показників, які фіксують лише стартову сформованість посіву, виживання дозволяє оцінити, наскільки сформована густота здатна зберегтися в умовах дефіциту вологи, температурних стресів і фітосанітарного навантаження [11, 30]. Для умов Степу у 2023–2025 рр. ця характеристика є особливо показовою, оскільки посушливі періоди посилюють внутрішньовидову конкуренцію та зумовлюють вибіркове випадання менш розвинених рослин, а також підвищують ризик пригнічення кореневої системи. Визначення виживання виконано шляхом співставлення густоти рослин у фазі сходів і перед збиранням за норми висіву 1,3 млн/га схожого насіння.

Після попередника пшениця озима (табл. 3.2) густота рослин у фазі сходів варіювала в межах 104–116 шт./м², тоді як перед збиранням становила 87–108 шт./м², що обумовило коливання показника виживання від 83,7 до 93,1 %. На контролі без обробки виживання було найнижчим – 83,7 %, а передзбиральна густота посіву становила 87 шт./м², що вказує на значні втрати рослин упродовж вегетації. Використання протруйників як самостійного прийому забезпечувало підвищення виживання до 86,4–87,5 %, тобто вище на 2,7–3,8 % порівняно з контролем. Разом із тим, найбільш виражене покращення збереження рослин

забезпечували варіанти з біологічними компонентами. Так, застосування Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) підвищувало виживання до 90,4%, а Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) – 89,5%, що на 5,8–6,7 % більше за контроль. Ймовірною причиною такого ефекту є формування сприятливішого стану ризосфери та підвищення функціональної активності симбіотичної системи, що має особливе значення за водного дефіциту.

Таблиця 3.2

Густота рослин гороху у фазі сходів та перед збиранням, їх виживання залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника пшениця озима (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Густота рослин, шт./м^2		Виживання рослин, %
	сходи	збирання	
Без обробки (контроль)	104	87	83,7
Вайбранс РФС (1 л/т)	112	98	87,5
Редіго (1 л/т)	111	96	86,5
Сферіко (1 л/т)	111	96	86,5
Авідо (1 л/т)	110	95	86,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	115	104	90,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	114	102	89,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	116	108	93,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	115	106	92,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	115	106	92,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	114	103	90,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	115	106	92,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	114	105	92,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	114	103	90,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	113	102	90,3
$НІР_{05}$	1,9–2,1	1,8–2,0	2,1–2,3

Примітка: норма висіву – 1,3 млн шт./га

Максимальні значення отримано за комбінованих схем, де біопрепарати поєднували з протруйником: Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС забезпечив 93,1% виживання та 108 шт./м² рослин перед збиранням. Порівняно з контролем

це означало зростання виживання на 9,4 % і зростання передзбиральної густоти на 21 шт./м², що є істотним з огляду на формування продуктивного стеблостою.

Після попередника соняшнику параметри сформованості та збереження посівів були нижчими (табл. 3.3). Густота у фазі сходів становила 96–111 шт./м², перед збиранням – 77–102 шт./м², а виживання коливалося в діапазоні 80,2–91,9 %.

Таблиця 3.3

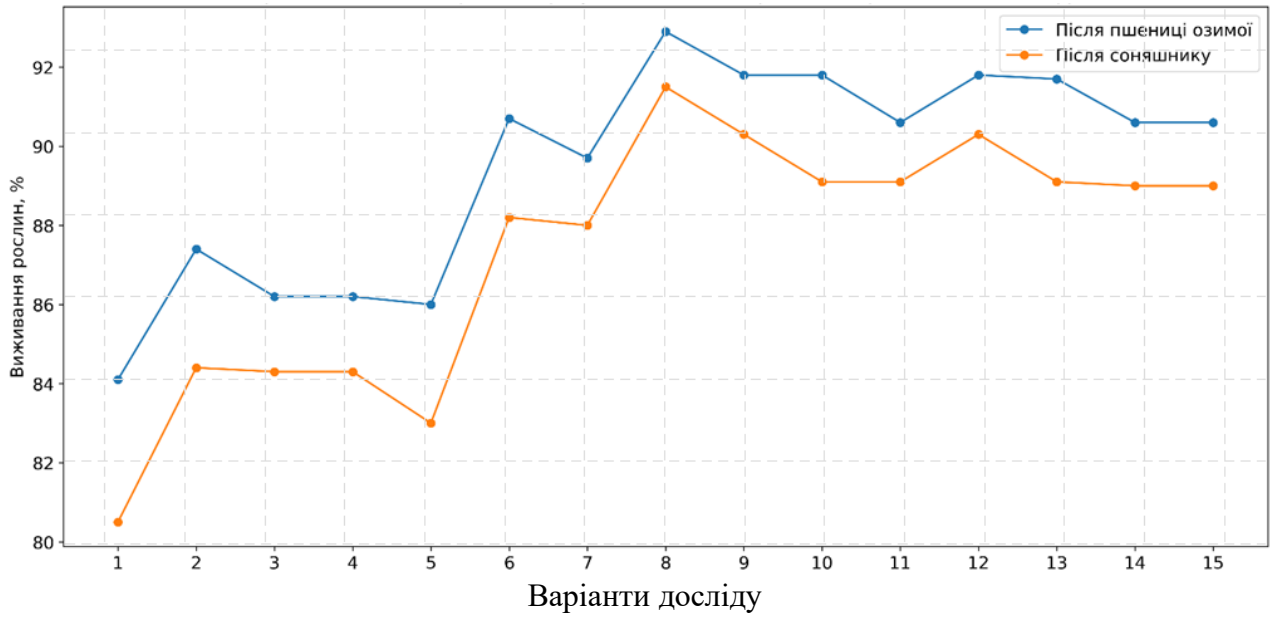
Густота рослин гороху сорту у фазі сходів та перед збиранням, їх виживання залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника соняшнику (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Густота рослин, шт./м²		Виживання рослин, %
	сходи	збирання	
Без обробки (контроль)	96	77	80,2
Вайбранс РФС (1 л/т)	107	90	84,1
Редіго (1 л/т)	106	89	84,0
Сферіко (1 л/т)	105	89	84,8
Авідо (1 л/т)	104	86	82,7
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	110	97	88,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	109	96	88,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	111	102	91,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	110	99	90,0
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	109	97	89,0
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	108	96	88,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	109	98	89,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	108	96	88,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	108	96	88,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	107	95	88,8
$НІР_{05}$	2,1–2,2	2,0–2,1	2,2–2,3

Примітка: норма висіву – 1,3 млн шт./га

На контрольному варіанті отримано найменші значення досліджуваних показників: виживання – 80,2 % і передзбиральна густота стояння рослин –

77 шт./м². Така різниця порівняно з попередником пшениця озима підтверджує, що соняшник формує менш сприятливий агрофон для рослин гороху, передусім через зниження запасів продуктивної вологи та підвищення ймовірності стресових явищ у початкові етапи росту, що особливо проявляється в посушливий період. Протруювання насіння підвищувало виживання до 82,7–84,8 %, тобто на 2,5–4,6 % відносно контролю, що також перевищувало найменшу істотну різницю (2,2 %) і є статистично достовірним. Проте найбільший вплив мав комплексний підхід до передпосівної обробки насіння: застосування Ризолайн + Ризосейв або Атува + Премакс забезпечувало 88,1–88,2 % виживання, тоді як найкращий результат сформувався у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС – 91,9 % при густоті 102 шт./м² перед збиранням. У порівнянні з контролем це відповідало зростанню виживання на 11,7 % і збільшенню передзбиральної густоти на 25 шт./м², що демонструє особливо високу технологічну актуальність передпосівної обробки насіння гороху саме на більш несприятливому агрофоні після попередника соняшнику (рис. 3.2).



Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Редіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Редіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 3.2. Виживання рослин гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників (середнє за 2023–2025 рр.)

Порівняльний аналіз двох попередників засвідчив переважання показників виживання після пшениці озимої над соняшником у більшості варіантів. Середнє виживання за всіма схемами обробки насіння становило 89,6 % після пшениці озимої та 87,2 % після соняшнику, тобто різниця досягала 2,4 %. Найбільший діапазон між попередниками спостерігався на контролі (83,7 % порівняно з 80,2 %), що відображає більшу чутливість необробленого насіння та слабше сформованих рослин до посушливого стресу та фітосанітарних ризиків. Водночас за комплексних схем різниця між попередниками зменшувалася, що вказує на здатність комбінованої передпосівної обробки частково компенсувати негативний вплив соняшнику як попередника шляхом підвищення стійкості посіву та зниження кількості рослин гороху протягом вегетаційного періоду.

Отже, найбільш стабільне збереження рослин гороху забезпечували комбіновані варіанти передпосівної обробки насіння з поєднанням фунгіцидного протруйника та інокулянтів з біопротектором. Їх перевага проявлялася як на фоні попередника пшениця озима, так і особливо після соняшнику, де посушливі умови помітніше знижували виживання рослин впродовж вегетації. Підвищення виживання супроводжувалося зростанням густоти посіву перед збиранням, що створювало передумови для більш повної реалізації продуктивного потенціалу культури.

3.3. Вплив елементів технології вирощування на проходження фаз розвитку та тривалість вегетаційного періоду гороху

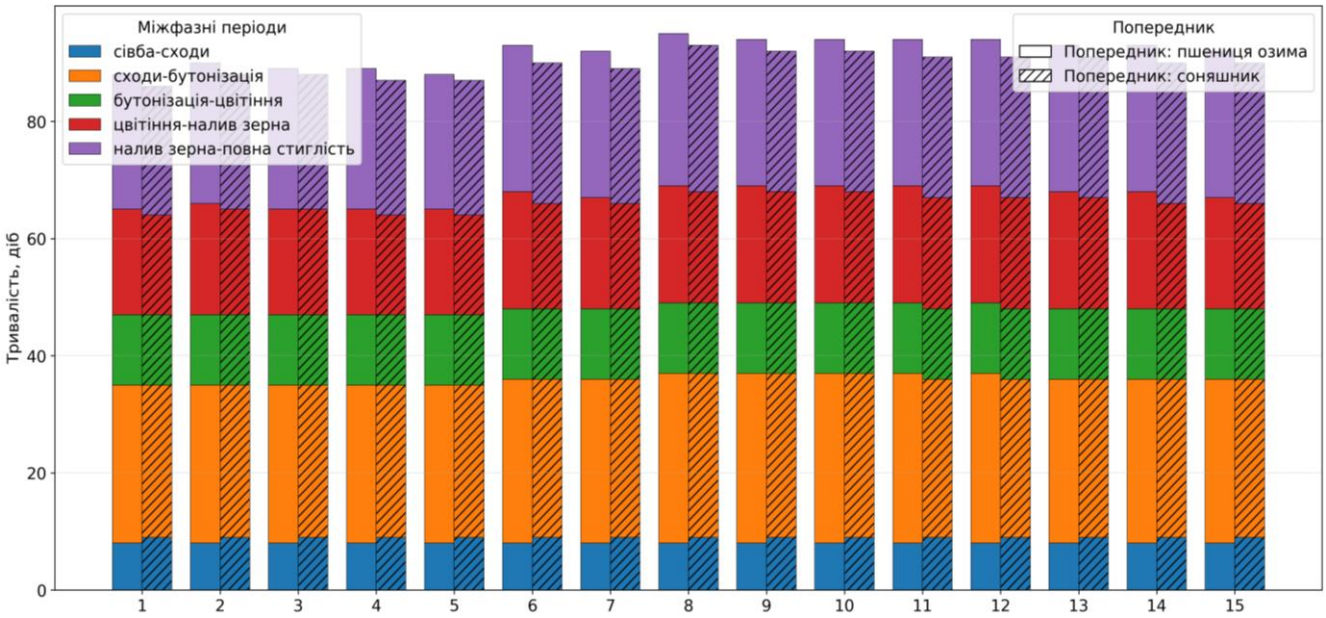
Рівень родючості ґрунтів і стабільність виробництва продукції рослинництва значною мірою визначаються вмістом органічної речовини, забезпеченістю рухомими формами елементів живлення та вологою. У розв’язанні цього завдання вагоме місце належить бобовим культурам, зокрема гороху посівному, який завдяки симбіотичній азотфіксації здатний поповнювати ґрунт біологічним азотом, формувати значну кількість надземної та кореневої біомаси, активізувати мікробіологічні процеси та поліпшувати

водоутримувальні властивості ґрунту. Водночас реалізація продуктивного потенціалу культури безпосередньо пов’язана з одержанням дружних сходів, збереженістю рослин до повної стиглості, темпами проходження фенологічних фаз і загальною тривалістю вегетаційного періоду, що істотно залежить як від агротехнологічних прийомів (передпосівна обробка насіння біопрепаратами, інокулянтами, протруйниками та їх комбінаціями), так і від гідротермічних умов року (запаси продуктивної вологи на час сівби, температурний режим і опади у критичні фази онтогенезу). Саме тому оцінка проходження фаз розвитку та тривалості вегетації гороху за різних попередників і варіантів обробки насіння є необхідною для наукового обґрунтування ресурсозберігаючих елементів технології [31, 39, 118].

Згідно з отриманими експериментальними даними за період 2023–2025 рр. встановлено закономірний вплив попередника на тривалість вегетаційного періоду гороху: після пшениці озимої вегетація була, як правило, довшою, ніж після соняшнику. Так, на контролі (без обробки) тривалість вегетації становила 88 діб після пшениці озимої та 86 діб після соняшнику. Аналогічна тенденція простежувалася при застосуванні протруйників: при обробці препаратами Вайбранс РФС (1 л/т) – 90 і 88 діб, Рédіго (1 л/т) – 89 і 88 діб, Сферіко (1 л/т) – 89 і 87 діб, Авідо (1 л/т) – 88 і 87 діб, відповідно. Отже, навіть за базового рівня технологічного впливу (лише протруювання) попередник соняшник асоціювався з дещо коротшою загальною тривалістю онтогенезу, що можна пояснити відмінностями агрофону та водного режиму ґрунту впродовж вегетації (табл. 3.4, рис. 3.3).

Найвиразніше подовження вегетаційного періоду забезпечували варіанти з біологічними компонентами та їх поєднання з протруйниками. Так, застосування Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) збільшувало тривалість вегетації до 93 діб після пшениці озимої та до 90 діб після соняшнику, а використання Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) – 92 і 89 діб, відповідно. Максимальні значення отримано за комплексної обробки Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т) і становили 95 діб після пшениці озимої та 93 доби після соняшнику, що

перевищувало контроль на 7 діб у кожному з попередників. Високі та близькі між собою показники забезпечували також комбінації Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рédіго (1 л/т), Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т) та Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т), де тривалість вегетації після пшениці озимої становила 94 доби, а після соняшнику – 91–92 доби.



Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Рédіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Рédіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Рédіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 3.3. Проходження фаз розвитку та тривалість вегетаційного періоду гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників, діб

Подібну спрямованість мали поєднання Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) з протруйниками: Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т) – 94 та 91 доба, Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рédіго (1 л/т) – 93 та 91 доба, Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т) – 93 та 90 діб, Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т) – 92 та 90 діб. Таким чином, використання інокулянтів (біопрепаратів) у поєднанні з протруйниками формувало тенденцію до подовження періоду активної вегетації порівняно з контролем і варіантами лише протруювання, що є агрономічно важливим, оскільки більша тривалість вегетації

зазвичай означає довший період активної асиміляції та кращі передумови для формування врожаю зерна.

Таблиця 3.4

Тривалість вегетаційного періоду рослин гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників, діб (середнє 2023–2025 рр.)

Варіант	Попередники	
	пшениця озима	соняшник
Без обробки (контроль)	88	86
Вайбранс РФС (1 л/т)	90	88
Редіго (1 л/т)	89	88
Сферіко (1 л/т)	89	87
Авідо (1 л/т)	88	87
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	93	90
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	92	89
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	95	93
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	94	92
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	94	92
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	94	91
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	94	91
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	93	91
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	93	90
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	92	90

Деталізація міжфазних періодів (додатки В.1–В.6) свідчить, що найбільша мінливість припадала на періоди від сходів до бутонізації, від цвітіння до наливу зерна та від наливу зерна до повної стиглості. Водночас період від бутонізації до цвітіння характеризувався відносною стабільністю й у більшості варіантів становив 12 діб, незалежно від попередника та року. Для попередника пшениця озима у середньому за 2023–2025 рр. тривалість міжфазних періодів від сівби до сходів була стабільною – 8 діб, сходи–бутонізація становила переважно 27–29

діб, цвітіння–налив зерна – 18–20 діб, а налив зерна–повна стиглість – 23–26 діб, причому найбільші значення в кінці вегетації спостерігали у варіантах із Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) та їх комбінаціями з протруйниками. Після соняшнику середня тривалість періоду від сівби до сходів була дещо довшою і становила 9 діб, тоді як тривалість пізніх етапів розвитку рослин частіше була меншою, що узгоджується з загальною тенденцією скорочення сумарної вегетації при цьому попереднику.

У розрізі років дослідження необхідно підкреслити визначальну роль гідротермічних умов у формуванні темпів онтогенезу. 2023 рік відзначався відносно кращим зволоженням (сума опадів за рік становила 499,0 мм, зокрема значні опади у квітні – 100,7 мм), що супроводжувалося більш тривалою вегетацією як після пшениці озимої, так і після соняшнику. У 2024 р. спостерігався дефіцит опадів (356,0 мм за рік) і водночас підвищений температурний фон (середня за рік 12,6 °С), а 2025 рік характеризувався найбільшою посушливістю (289,5 мм за рік, зокрема з недостатньою кількістю опади у квітні – 8,7 мм та у липні – 9,4 мм), що призвело до скорочення тривалості окремих міжфазних періодів і всієї вегетації рослин гороху, особливо після попередника соняшнику. Водночас важливо, що варіанти з біологічними компонентами (Ризолайн + Ризосейв, Атува + Премакс) та їх комбінації з протруйниками в усі роки дослідження забезпечували відносно довшу вегетацію порівняно з контролем, що може свідчити про кращу адаптацію рослин до мінливих умов середовища та стабільніший перебіг ростових процесів у критичні фази.

Отже, встановлено, що попередник пшениця озима формував більш сприятливі передумови для дещо тривалішої вегетації гороху порівняно з попередником соняшник, а застосування інокулянтів і їх поєднання з фунгіцидними протруйниками зумовлювало подовження вегетаційного періоду відносно контролю, головним чином за рахунок змін тривалості періодів від сходів до бутонізації та від наливу зерна до повної стиглості. Такі закономірності є важливими для обґрунтування ресурсозберігаючих елементів технології

вирощування гороху, які поряд із потенційним зростанням урожайності сприяють накопиченню біомаси та біологічного азоту, а отже – підтриманню та відновленню родючості ґрунтів.

3.4. Формування висоти рослин гороху залежно від передпосівної обробки насіння та різних попередників

Висота рослин є одним із базових морфологічних показників, що комплексно характеризує інтенсивність ростових процесів, стан живлення та реакцію культури на дію абіотичних і біотичних факторів [75, 122, 134]. Аналіз одержаних даних свідчить, що висота рослин гороху сорту Мадонна істотно залежала від попередника, варіанта передпосівної обробки насіння та гідротермічних умов років досліджень.

За розміщення гороху після пшениці озимої у варіанті без обробки насіння (контроль) середня за 2023–2025 рр. висота рослин становила 65,1 см. Застосування лише фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) забезпечувало деяке підвищення цього показника до 66,3–66,9 см, тобто на 1,2–1,8 см порівняно з контролем. Більш виражена реакція ростових процесів відмічена за використання біологічних препаратів. Так, за інокуляції насіння комплексом Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) висота рослин зростала до 67,8 см, а за поєднання інокулянта Атува (2 л/т) з біопротектором Премакс (0,5 л/т) до 66,5 см.

Найвищі рослини формувалися за комбінованих схем, де біопрепарати Ризолайн і Ризосейв поєднували з фунгіцидними протруйниками Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко або Авідо, а також за варіантів, у яких інокулянт Атува і біопротектор Премакс використовувалися разом із зазначеними протруйниками. У цих варіантах середня висота рослин становила 67,2–68,1 см, що на 2,1–3,0 см перевищувало контроль. З огляду на величину $НІР_{05}$ за фактором А (1,1–1,2 см), отримані прирости є статистично достовірними та свідчать про суттєву перевагу комбінованої передпосівної обробки насіння перед технологією без

інокуляції (табл. 3.5).

Після соняшника загальний рівень росту рослин був помітно нижчим. У контролі без обробки насіння висота гороху становила в середньому 61,9 см. Застосування окремих фунгіцидних протруйників підвищувало її до 62,8–63,4 см. Інокуляція насіння комплексом Ризолайн + Ризосейв забезпечувала приріст висоти до 64,3 см, а обробка препаратами Атува + Премакс до 63,1 см.

Таблиця 3.5

Висота рослин гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника пшениця озима, см

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	67,6	65,6	62,1
Вайбранс РФС (1 л/т)	69,4	67,4	63,9
Редіго (1 л/т)	69,0	67,0	63,5
Сферіко (1 л/т)	68,8	66,8	63,3
Авідо (1 л/т)	68,8	66,8	63,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	70,3	68,3	64,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	69,0	67,0	63,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	70,6	68,6	65,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	70,4	68,4	64,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	70,5	68,5	65,0
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	70,3	68,3	64,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	70,1	68,1	64,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	70,1	68,1	64,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	69,9	67,9	64,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	69,7	67,7	64,2
$НІР_{05}$, см	1,2	1,2	1,1

Найбільших значень досягали варіанти, де інокулянт Ризолайн і біопротектор Ризосейв поєднували з фунгіцидними протруйниками, а також комбінації Атува + Премакс із Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко або Авідо – висота

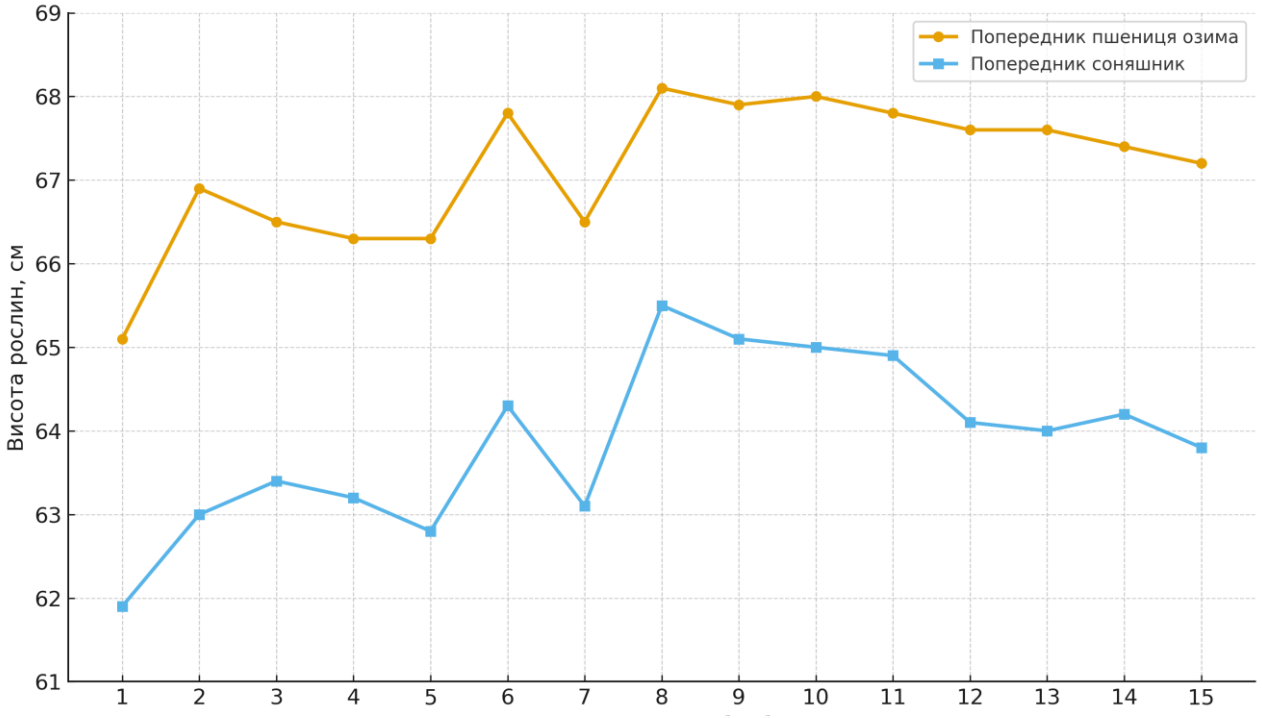
рослин у цих випадках становила 64,9–65,5 см, що на 3,0–3,6 см перевищувало контроль після соняшника (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Висота рослин гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника соняшника, см

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	64,0	62,0	58,0
Вайбранс РФС (1 л/т)	65,8	63,1	59,1
Редіго (1 л/т)	65,5	63,0	59,4
Сферіко (1 л/т)	65,2	63,0	59,0
Авідо (1 л/т)	65,3	62,8	58,7
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	67,9	63,8	59,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	66,6	63,3	59,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	69,0	64,5	60,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	68,9	64,5	60,0
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	68,8	64,5	60,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	68,7	64,4	60,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	68,1	64,2	60,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	68,0	64,0	60,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	67,9	64,1	60,0
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	67,7	64,0	59,8
$НІР_{05}$, см	1,2	1,1	1,0

Помітний вплив на висоту рослин мав гідротермічний режим в роки проведення досліджень. У більш зволоженому 2023 році висота рослин, залежно від варіантів обробки, становила після пшениці озимої 67,6–70,6 см, а після соняшника – 64,0–69,0 см. У 2024 році за менш сприятливих умов вегетації висота рослин знижувалася відповідно до 65,6–68,6 і 62,0–64,5 см, а в посушливому 2025 році до 62,1–65,1 і 58,0–60,5 см., відповідно до попередників.



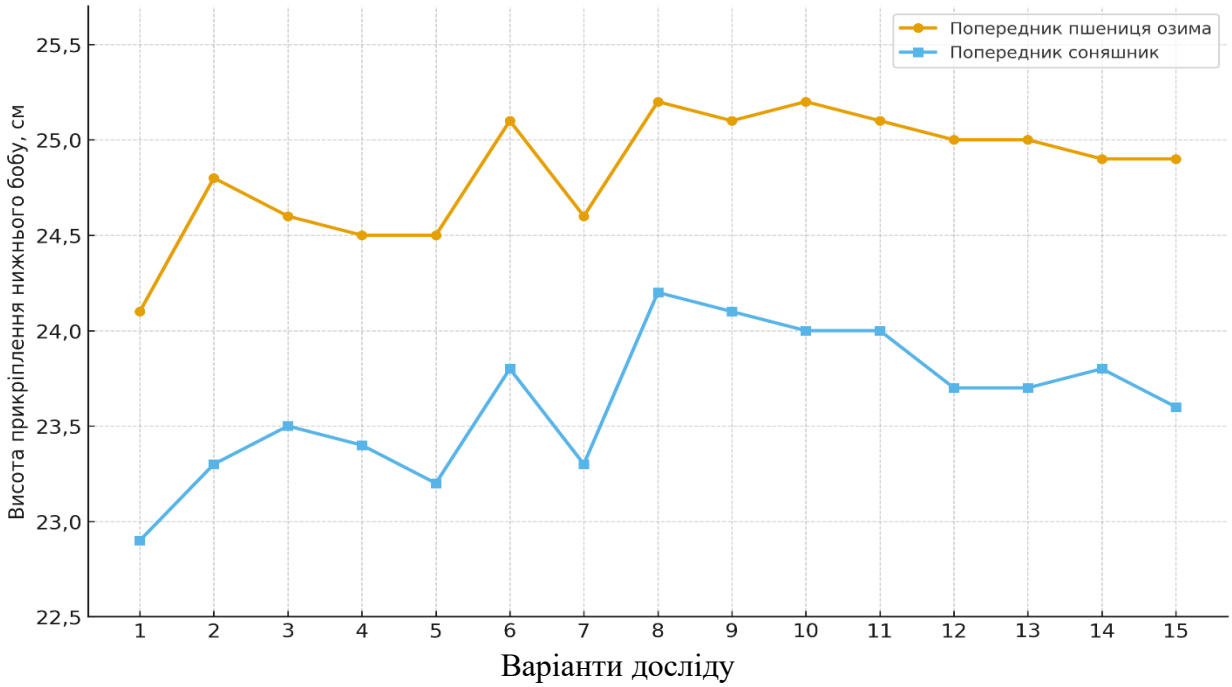
Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Редіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Редіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 3.4. Висота рослин гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників (середнє за 2023–2025 рр.)

Амплітуда річних коливань перевищувала 5–7 см, що підтверджує провідну роль гідротермічного режиму у реалізації потенціалу сорту гороху і технології вирощування. Графічна інтерпретація рисунку 3.5 наочно демонструє зазначені закономірності. Крива, що відповідає посівам гороху після пшениці озимої, стабільно розташована вище порівняно з кривою після попередника соняшнику, а найбільші значення висоти проявляються у варіантах з поєднанням біологічних препарати (Ризолайн + Ризосейв, Атува + Премакс) із фунгіцидними протруйниками (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо). Це свідчить про синергічну дію інокуляції і фунгіцидного захисту, яка забезпечує кращий розвиток кореневої системи, активніший перебіг симбіотичної азотфіксації та, як наслідок, інтенсивніший ріст надземної маси.

Важливе значення для організації збирання врожаю гороху має висота

прикріплення нижнього бобу, від якої залежить можливість застосування оптимальної висоти зрізу та рівень втрат зерна. За результатами узагальнення експериментальних даних встановлено, що цей показник варіював у відносно вузькому діапазоні (рис. 3.5). Після пшениці озимої висота прикріплення нижнього бобу становила в середньому 24,1–25,2 см, тоді як після соняшника – 22,9–24,2 см. Мінімальні значення були характерні для контролю без обробки насіння, а максимальні для варіантів із комплексним використанням інокулянту Ризолайн та біопротектору Ризосейв разом з фунгіцидними протруйниками. Приріст відносно контролю, залежно від попередника та конкретної схеми обробки, становив у середньому 0,7–1,1 см, що є агрономічно важливим з погляду зменшення непродуктивних втрат урожаю зерна при механізованому збиранні.



Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Редіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Редіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 3.5. Висота прикріплення нижнього бобу гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередників (середнє за 2023–2025 рр.)

Таким чином, комплексна передпосівна обробка насіння гороху сорту

Мадонна із застосуванням біопрепаратів Ризолайн + Ризосейв та Атува + Премакс у поєднанні з фунгіцидними протруйниками Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо сприяє формуванню вищих і краще вирівняних за висотою рослин та забезпечує оптимальне розміщення нижніх бобів. Найбільш повно ефект цих прийомів проявляється за розміщення гороху після пшениці озимої, тоді як після соняшника вони частково компенсують негативний вплив погіршеного водного й поживного режимів ґрунту.

3.5. Фотосинтетична продуктивність гороху залежно від передпосівної обробки насіння після різних попередників

Фотосинтетична продуктивність посівів є одним із ключових чинників формування врожайності гороху, оскільки саме через листковий апарат відбувається перетворення сонячної енергії на органічну речовину. Ефективність цього процесу визначається не лише біологічними особливостями культури, а й умовами живлення, забезпеченістю вологою, попередником у сівозміні та застосуванням елементів інтенсивної технології, зокрема передпосівної обробки насіння фунгіцидними протруйниками та інокулянтами [7, 128, 134, 137]. У зв’язку з цим аналіз динаміки площі асиміляційної поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу дає змогу глибше зрозуміти механізми впливу різних варіантів обробки насіння та попередників на продуктивність посівів гороху в умовах Північного Степу України.

Аналіз динаміки асиміляційної поверхні гороху після пшениці озимої показує, що в усіх досліджуваних варіантах площа листкової поверхні закономірно зростала від фази трьох листків до фази цвітіння з подальшим її зменшенням у період наливу зерна (табл. 3.7). Така картина повністю відповідає загальним закономірностям росту й старіння листкового апарату зернобобових культур. Найменші значення отримано у варіанті без обробки, а саме у фазу трьох листків площа асиміляційної поверхні становила 8,8 тис. м²/га, у фазу бутонізації – 20,4 тис. м²/га, цвітіння – 35,3 тис. м²/га, а в період наливу зерна –

31,2 тис. м²/га.

Таблиця 3.7

Динаміка площі асиміляційної поверхні гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника пшениця озима, тис. м²/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фаза розвитку			
	три листки	бутоні-зація	цвітіння	налив зерна
Без обробки (контроль)	8,8	20,4	35,3	31,2
Вайбранс РФС (1 л/т)	9,3	21,6	37,4	33,0
Редіго (1 л/т)	9,3	21,4	37,1	32,8
Сферіко (1 л/т)	9,2	21,4	37,0	32,7
Авідо (1 л/т)	9,1	21,2	36,7	32,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	9,8	22,7	39,3	34,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	9,5	22,0	38,1	33,7
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	10,1	23,4	40,5	35,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	10,0	23,2	40,2	35,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	10,1	23,3	40,3	35,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	10,0	23,1	40,0	35,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9,9	23,0	39,8	35,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	9,9	22,9	39,6	35,0
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9,8	22,8	39,5	34,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	9,8	22,7	39,2	34,7
$НІР_{05}$, тис. м²/га	0,4–0,5	0,6–0,7	1,0–1,1	0,9–1,0

При застосуванні лише фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) ці показники помірно, але статистично достовірно зростали. Зокрема, у фазу цвітіння площа листкової поверхні підвищувалася до 36,7–37,4 тис. м²/га, тоді як на контролі вона дорівнювала 35,3 тис. м²/га при $НІР_{05}$ – 1,0 тис. м²/га. На цьому фоні комбінації з використанням інокулянтів Ризолайн + Ризосейв та Атува + Премакс забезпечували ще істотніший приріст асиміляційної поверхні – у фазу цвітіння вона досягала 38,1–39,3 тис. м²/га, що

відповідає приросту на 8–11 % відносно контролю.

Особливо показовими є результати де інокулянти поєднувалися з протруйниками (Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо). У цих варіантах площа листкової поверхні в період цвітіння становила до 39,2–40,5 тис. м²/га, що на 12–15 % перевищувало контрольний варіант. Отже, вже на рівні асиміляційної поверхні чітко проявляється позитивний ефект комплексної передпосівної обробки насіння.

Подібні закономірності простежуються й у посівах гороху після соняшнику (табл. 3.8).

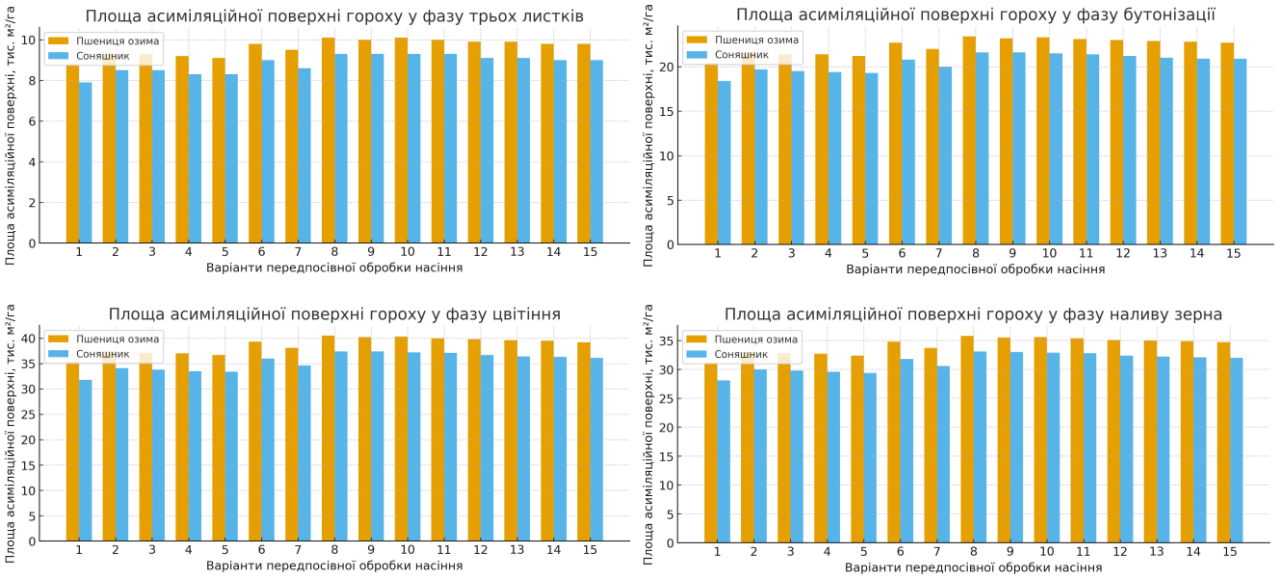
Таблиця 3.8

Динаміка площі асиміляційної поверхні гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника соняшнику, тис. м^2/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фаза розвитку			
	три листки	бутоні-зація	цвітіння	налив зерна
Без обробки (контроль)	7,9	18,4	31,8	28,1
Вайбранс РФС (1 л/т)	8,5	19,7	34,1	30,0
Редіго (1 л/т)	8,5	19,5	33,8	29,8
Сферіко (1 л/т)	8,3	19,4	33,5	29,6
Авідо (1 л/т)	8,3	19,3	33,4	29,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	9,0	20,8	36,0	31,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	8,6	20,0	34,6	30,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9,3	21,6	37,4	33,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	9,3	21,6	37,4	33,0
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9,3	21,5	37,2	32,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	9,3	21,4	37,1	32,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9,1	21,2	36,7	32,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	9,1	21,0	36,4	32,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9,0	20,9	36,3	32,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	9,0	20,9	36,1	32,0
НІР$_{05}$, тис. м^2/га	0,3–0,4	0,5–0,6	1,1–1,2	1,0–1,1

Проте абсолютні значення площі листкової поверхні в усі фази розвитку були нижчими порівняно з попередником пшениця озима. Так, у варіанті без обробки площа асиміляційної поверхні у фазу цвітіння становила 31,8 тис. м²/га, у варіанті з Вайбранс РФС – 34,1 тис. м²/га, а за поєднання Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС – 37,4 тис. м²/га. У середньому це на 8–10 % менше, ніж у відповідних варіантах після попередника пшениці озимої.

Узагальнені порівняльні діаграми переконливо демонструють, що за однакових схем передпосівної обробки насіння посіви гороху після пшениці озимої стабільно формують більшу асиміляційну поверхню, ніж після соняшника (рис. 3.6).



Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Редіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Редіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 3.6. Показники площі асиміляційної поверхні гороху за різних варіантів передпосівної обробки насіння після пшениці озимої та соняшнику, тис. м²/га (середнє за 2023–2025 рр.).

Аналізуючи наведені дані, можна відзначити подвійний характер впливу досліджуваних факторів: з одного боку, інокуляція та використання протруйників стимулюють розвиток листкового апарату, з іншого – розміщення гороху після соняшнику обмежує збільшення асиміляційної поверхні порівняно

з пшеницею озимою. Ці передумови логічно відображаються на подальших показниках фотосинтетичної діяльності посівів.

Більш повне уявлення про функціонування листкового апарату формують показники фотосинтетичної діяльності, наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Показники фотосинтетичної діяльності гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника пшениці озимої (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фотосинтетичний потенціал, млн $м^2$ діб/га	Маса сухої речовини у фазі повної стиглості, г/$м^2$	Чиста продуктивність фотосинтезу, г сухої речовини/$м^2$ листкової поверхні за добу
Без обробки (контроль)	1,58	436	2,76
Вайбранс РФС (1 л/т)	1,72	462	2,69
Редіго (1 л/т)	1,67	459	2,75
Сферіко (1 л/т)	1,67	457	2,74
Авідо (1 л/т)	1,64	453	2,76
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	1,88	486	2,59
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	1,79	471	2,63
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,97	500	2,54
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,94	497	2,56
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,95	498	2,56
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,93	495	2,56
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,92	491	2,56
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,90	490	2,58
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,89	488	2,58
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,84	484	2,63
$НІР_{05}$	0,08–0,09	5–6	0,15–0,16

У контрольному варіанті після пшениці озимої фотосинтетичний потенціал становив 1,58 млн м²·діб/га, маса сухої речовини у фазі повної стиглості – 436 г/м², а чиста продуктивність фотосинтезу – 2,76 г сухої речовини/м² листкової поверхні за добу. Передпосівна обробка насіння лише фунгіцидними протруйниками зумовлювала помірне підвищення інтегральної фотосинтетичної продуктивності посівів: ФП зростав до 1,64–1,72 млн м²·діб/га, а накопичення сухої речовини – до 453–462 г/м². Найвиразніше серед протруйників виділявся Вайбранс РФС (1,72 млн м²·діб/га і 462 г/м²), що перевищувало контроль відповідно на 0,14 млн м²·діб/га та 26 г/м². Різниця за фотосинтетичним потенціалом була достовірною ($НІР_{05}$ = 0,08–0,09), а за масою сухої речовини також перевищувала поріг істотності ($НІР_{05}$ = 5–6). Водночас ЧПФ у варіантах із протруйниками змінювалася незначно (2,69–2,76 г/м² за добу) і переважно залишалася на рівні контролю або дещо нижче, що узгоджується з тим, що за збільшення площі асиміляційної поверхні та тривалості її функціонування інтегральний вихід сухої речовини зростає, тоді як середня інтенсивність накопичення на одиницю листкової поверхні може вирівнюватися. Подальше підвищення фотосинтетичної продуктивності посівів спостерігалося у варіантах із інокуляцією та особливо у поєднанні інокулянтів із протруйниками. Застосування Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) забезпечило зростання ФП до 1,88 млн м²·діб/га та збільшення маси сухої речовини до 486 г/м², що на 0,30 млн м²·діб/га і 50 г/м² більше порівняно з контролем. Максимальні значення після пшениці озимої зафіксовано у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС: фотосинтетичний потенціал досягав 1,97 млн м²·діб/га, а маса сухої речовини – 500 г/м², що перевищувало контроль відповідно на 0,39 млн м²·діб/га або на 25% та на 64 г/м² або на 15%. За цих умов чиста продуктивність фотосинтезу закономірно була нижчою (2,54–2,58 г/м² за добу) порівняно з контролем (2,76 г/м² за добу), що відображає структурний ефект, а саме продуктивність посіву зростає насамперед за рахунок більшої та тривалішої функціонуючої асиміляційної поверхні.

Аналіз даних таблиці 3.10 свідчить, що після соняшнику загальний рівень

фотосинтетичної продуктивності був нижчим, ніж після пшениці озимої, насамперед за фотосинтетичним потенціалом і накопиченням сухої речовини.

Таблиця 3.10

Показники фотосинтетичної діяльності гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння після попередника соняшнику (середнє 2023–2025 рр.)

Варіант	Фотосинтетичний потенціал, млн м² діб/га	Маса сухої речовини у фазі повної стиглості, г/м²	Чиста продуктивність фотосинтезу, г сухої речовини/м² листкової поверхні за добу
Без обробки (контроль)	1,36	393	2,89
Вайбранс РФС (1 л/т)	1,50	421	2,80
Редіго (1 л/т)	1,49	417	2,80
Сферіко (1 л/т)	1,45	414	2,85
Авідо (1 л/т)	1,44	412	2,86
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	1,62	445	2,75
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	1,54	428	2,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,75	462	2,64
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,73	462	2,67
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,72	460	2,68
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,70	459	2,70
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,68	453	2,70
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,67	450	2,69
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,63	448	2,75
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,63	447	2,74
$НІР_{05}$	0,08–0,09	5–7	0,16–0,18

У контролі фотосинтетичний потенціал становив 1,36 млн м²·діб/га, маса сухої речовини – 393 г/м², а ЧПФ – 2,89 г/м² за добу. Використання протруйників підвищувало ФП до 1,44–1,50 млн м²·діб/га та масу сухої речовини до 412–421 г/м², причому Вайбранс РФС мав найкращі показники в цій групі (1,50 млн

м²·діб/га і 421 г/м²). Найвищих значень досягали варіанти з інокуляцією в комбінаціях: для Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС фотосинтетичний потенціал зростав до 1,75 млн м²·діб/га, маса сухої речовини – до 462 г/м², що на 0,39 млн м²·діб/га та 69 г/м² більше контролю і суттєво перевищувало $НІР_{05}$. За показником у посівах після соняшнику спостерігалася тенденція до зниження по мірі інтенсифікації варіантів – від 2,89 у контролі до 2,64–2,70 у комбінаціях інокулянтів із протруйниками, тоді як у варіантах з інокуляцією без протруйників вона знаходилася в межах 2,75–2,78 г/м² за добу.

Порівняння попередників показує, що на контрольному варіанті фотосинтетичний потенціал після соняшнику був нижчим, ніж після пшениці озимої (1,36 млн м²·діб/га порівняно з 1,58 млн м²·діб/га), і аналогічно нижчим було накопичення сухої речовини (393 проти 436 г/м²), тоді як чиста продуктивність фотосинтезу, навпаки, виявилася дещо вищою (2,89 млн м²·діб/га порівняно з 2,76 г/м² за добу). Це свідчить, що зниження урожайності та продуктивності посівів після соняшнику пов’язане передусім із формуванням меншої асиміляційної поверхні та нижчого фотосинтетичного потенціалу посіву, тоді як середня інтенсивність накопичення сухої речовини на 1 м² листків змінюється менш однозначно і може бути відносно вищою за умов меншого загального листкового апарату. Загалом результати підтверджують, що передпосівна інокуляція насіння у поєднанні з фунгіцидними протруйниками істотно підвищує фотосинтетичний потенціал і накопичення сухої речовини, а найбільш результативною комбінацією після попередників є Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, що узгоджується з максимальними значеннями ФП і сухої маси та відповідає вищому рівню врожайності культури.

3.6. Симбіотична азотфіксувальна здатність гороху за різних попередників і варіантів передпосівної обробки насіння

Симбіотична азотфіксація у гороху є одним із провідних механізмів формування азотного живлення посівів і важливою складовою реалізації

продуктивного потенціалу культури. У польових умовах робота симбіотичної системи розпочинається на ранніх етапах розвитку рослин (у фазі 2–3 справжніх листків), поступово наростає й досягає максимуму в період цвітіння, після чого гальмується до початку наливу зерна. За цей час рослини здатні зафіксувати значну кількість атмосферного азоту, який частково виноситься урожаєм, але істотна його частка залишається в ґрунті разом з органічними рештками. Відомо також, що не всі бульбочки є азотфіксуючими: активні бульбочки мають рожеве забарвлення, тоді як зеленкуваті або сірі, як правило, характеризуються низькою або відсутньою азотфіксувальною активністю [6, 26, 74]. Тому для об'єктивної оцінки симбіотичного потенціалу в досліді використано два взаємодоповнювальні показники такі, як кількість бульбочок на рослину та їх масу, окремо для загальної та активної фракцій. Узагальнені результати впливу передпосівної обробки насіння за різних попередників наведено в таблицях 3.11–3.14. Для всіх варіантів досліду встановлено єдину закономірність сезонної динаміки, що від фази бутонізації до цвітіння кількість і маса бульбочок істотно зростали, а в період наливу зерна знижувалися. Така динаміка є фізіологічно обґрунтованою, оскільки максимум формування й функціонування бульбочкового апарату припадає на період найбільшої потреби рослин у азоті та високої інтенсивності ростових процесів, тоді як у пізніші фази частина бульбочок старіє, відмирає або переходить у малоактивний стан.

Після попередника пшениці озимої контрольний варіант без обробки насіння формував відносно помірний за величиною, але достатньо активний бульбочковий апарат (табл. 3.11). У фазу бутонізації на рослині формувалося 7,2 бульбочки, з яких активними були 5,8; у фазу цвітіння загальна кількість становила 19,3, активних 17,5; у період наливу зерна відповідно 6,3 та 4,9 шт./рослину. Використання лише фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) зумовлювало меншу варіабельність значень, а саме, у фазу цвітіння загальна кількість бульбочок становила 21,0–21,8 шт./рослину, активних 19,0–19,7 шт./рослину. Отже, за відсутності інокуляції вплив протруйників на інтенсивність бульбочкоутворення проявлявся переважно як

нейтральний або слабко стимулюючим і не змінював принципово інтенсивність симбіозу.

Натомість застосування інокуляційних препаратів забезпечувало чітке посилення формування бульбочкового апарату. За обробки насіння композицією Ризолайн + Ризосейв у фазу бутонізації формувалося 9,9 бульбочки, з яких активних було 8,0, у фазу цвітіння відповідно 27,0 та 24,0 шт./рослину. Схема Атува + Премакс також покращувала показники, хоча дещо поступалася: у бутонізацію 9,2 бульбочки та 7,4 активних, у цвітіння 25,7 та 22,9 активних шт./рослину.

Таблиця 3.11

Вплив обробки насіння на динаміку кількості бульбочок у рослин гороху після попередника пшениця озима, шт./рослину (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	бутонізація	цвітіння	налив зерна
Без обробки (контроль)	7,2/5,8	19,3/17,5	6,3/4,9
Вайбранс РФС (1 л/т)	8,0/6,4	21,8/19,7	7,0/5,7
Редіго (1 л/т)	7,8/6,3	21,4/19,4	6,9/5,6
Сферіко (1 л/т)	7,6/6,1	21,0/19,0	6,7/5,4
Авідо (1 л/т)	7,6/6,1	21,0/19,0	6,7/5,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	9,9/8,0	27,0/24,0	8,8/7,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	9,2/7,4	25,7/22,9	8,2/6,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	10,3/8,3	28,3/25,4	9,1/7,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	10,1/8,2	27,9/25,1	9,0/7,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	10,1/8,3	28,0/25,5	9,0/7,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	10,0/8,1	27,7/24,9	8,9/7,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9,9/8,0	27,4/24,7	8,8/7,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	9,8/7,9	27,2/24,5	8,7/7,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9,7/7,9	27,0/24,4	8,6/7,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	9,5/7,7	26,6/24,1	8,5/6,9
$НІР_{05}$	1,3/1,1	1,7/1,5	0,8/0,9

*У чисельнику загальна кількість бульбочок, шт./рослину,
у знаменнику кількість активних бульбочок, шт./рослину

Принципово важливо, що інокуляція підвищувала не тільки загальну кількість бульбочок, а й частку активної фракції, тобто зміцнювала симбіоз функціонально.

Найвищі значення після пшениці озимої забезпечували комбіновані схеми інокулянта та протруйника. У фазу цвітіння за поєднання Ризолайн + Ризосейв із фунгіцидами загальна кількість бульбочок становила 27,7–28,3 шт./рослину, активних 24,9–25,5 шт./рослину, а максимальні значення відмічено у варіанті з Вайбранс РФС. Аналогічна тенденція проявлялася і в схемах Атува + Премакс у поєднанні з протруйниками: у фазу цвітіння формувалося 26,6–27,4 бульбочки, з яких активних було 24,1–24,7 шт./рослину. У період наливу зерна інтенсивні варіанти зберігали підвищені показники (8,5–9,1 бульбочки загальної кількості на рослину та 6,9–7,5 активних бульбочок), що свідчить про подовження періоду ефективного функціонування симбіотичного апарату порівняно з контролем.

Після попередника соняшника (табл. 3.12) характер реакції варіантів загалом зберігався, однак абсолютні значення були нижчими. На контролі у фазу бутонізації формувалося 6,8 бульбочки, активних 5,3; у фазу цвітіння 18,0 та 16,1; у період наливу зерна 5,9 та 4,7 шт./рослину. Це вказує на менш сприятливі умови для формування симбіозу після соняшника порівняно з пшеницею озимою. Протруювання насіння фунгіцидами немало негативних наслідків на симбіотичний апарат рослин гороху, при цьому у фазу цвітіння загальна кількість бульбочок становила 19,9–20,6 шт./рослину, з яких активних було 17,8–18,4 шт./рослину. Вплив передпосівної інокуляції насіння і розміщення гороху в сівозміні після соняшника, як і після пшениці, істотно покращувала параметри симбіозу – при застосуванні препаратів Ризолайн + Ризосейв у фазу цвітіння формувалося 25,3 бульбочки на рослину, з яких активних було 22,2 шт./рослину; при застосуванні препаратів Атува + Премакс загальна кількість бульбочок було 24,0 на рослину, з яких активних – 21,1 шт./рослину. Комбінації інокулянтів із протруйниками забезпечували найвищі значення: для схем Ризолайн + Ризосейв + фунгіцид у фазу цвітіння одержано 26,0–26,8 бульбочки та 23,1–23,8 активних, тоді як для схем Атува + Премакс + фунгіцид 24,2–25,2 та 21,7–22,5 шт./рослину.

Отже, інокуляція у поєднанні з протруюванням значною мірою компенсувала негативний вплив менш сприятливого попередника.

Таблиця 3.12

Вплив передпосівної обробки насіння на динаміку кількості бульбочок у рослин гороху після попередника соняшнику, шт./рослину (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	бутонізація	цвітіння	налив зерна
Без обробки (контроль)	6,8/5,3	18,0/16,1	5,9/4,7
Вайбранс РФС (1 л/т)	7,7/6,1	20,6/18,4	6,7/5,4
Редіго (1 л/т)	7,5/6,0	20,2/18,1	6,6/5,3
Сферіко (1 л/т)	7,4/5,9	19,9/17,8	6,4/5,1
Авідо (1 л/т)	7,4/5,9	19,9/17,8	6,4/5,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	9,4/7,7	25,3/22,2	8,4/6,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	8,7/7,1	24,0/21,1	7,8/6,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9,9/8,1	26,8/23,7	8,8/7,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	9,7/7,9	26,4/23,4	8,7/7,0
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9,7/8,0	26,5/23,8	8,7/7,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	9,5/7,8	26,0/23,1	8,5/6,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9,2/7,5	25,2/22,5	8,2/6,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	9,1/7,4	24,9/22,2	8,1/6,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8,9/7,4	24,6/22,1	8,0/6,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	8,8/7,2	24,2/21,7	7,8/6,4
$НІР_{05,}$ шт./рослину	1,2/0,9	1,5/1,3	0,7/0,8

*У чисельнику загальна кількість бульбочок, шт./рослину,
у знаменнику кількість активних бульбочок, шт./рослину

Показники маси бульбочок доповнюють кількісну оцінку, оскільки маса активних бульбочок і тривалість їх функціонування є інформативними індикаторами інтенсивності симбіотичної азотфіксації (табл. 3.13 і табл. 3.14). Після пшениці озимої на контролі маса бульбочок у фазу бутонізації становила 0,06 г/рослину, маса активних 0,05 г/рослину; у фазу цвітіння 0,12 г/рослину та 0,10 г/рослину, відповідно; у фазу наливу зерна – всього бульбочок 0,08

г/рослину та активних бульбочок 0,06 г/рослину. При застосуванні лише фунгіцидних протруйників маса у фазу цвітіння зростала до 0,13–0,14 г/рослину, а маса активної фракції до 0,10–0,11 г/рослину, що узгоджується з помірним ефектом цих препаратів на симбіотичну систему за відсутності інокуляції.

Таблиця 3.13

Вплив передпосівної обробки насіння та попередника пшениці озимої на динаміку маси бульбочок у рослин гороху, г/рослину (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	бутонізація	цвітіння	налив зерна
Без обробки (контроль)	0,06/0,05	0,12/0,10	0,08/0,06
Вайбранс РФС (1 л/т)	0,07/0,05	0,14/0,11	0,09/0,07
Рédіго (1 л/т)	0,06/0,05	0,13/0,11	0,09/0,07
Сферіко (1 л/т)	0,06/0,05	0,13/0,10	0,08/0,07
Авідо (1 л/т)	0,06/0,05	0,13/0,10	0,08/0,07
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	0,08/0,07	0,17/0,13	0,11/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	0,08/0,06	0,16/0,12	0,10/0,08
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	0,09/0,07	0,18/0,14	0,11/0,09
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рédіго (1 л/т)	0,09/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	0,09/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	0,09/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	0,08/0,06	0,17/0,13	0,10/0,08
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рédіго (1 л/т)	0,08/0,06	0,16/0,13	0,10/0,08
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	0,08/0,06	0,16/0,13	0,11/0,08
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	0,08/0,06	0,16/0,13	0,11/0,08
$НІР_{05}$, г/рослину	0,01/0,01	0,02/0,02	0,01/0,01

*У чисельнику загальна маса бульбочок, г/рослину,
у знаменнику маса активних бульбочок, г/рослину

Інокуляція забезпечувала виразніше зростання маси бульбочок. При використанні препаратів Ризолайн + Ризосейв у фазу цвітіння загальна маса бульбочок становила 0,17 г/рослину, маса активних бульбочок 0,13 г/рослину;

при використанні препаратів Атува + Премакс показники маси бульбочок становили 0,16 та 0,12 г/рослину, відповідно. Найвищі значення після пшениці озимої одержано у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, де маса бульбочок у фазу цвітіння становила 0,18 г/рослину, при цьому маса активних 0,14 г/рослину, а в фазі наливу зерна підтримувалася на рівні 0,11 г/рослину загальна кількість бульбочок та 0,09 г/рослину активна фракція. Це вказує на більш тривале збереження активної фракції та на подовження ефективного функціонування симбіозу.

Таблиця 3.14

Вплив передпосівної обробки насіння та попередника соняшнику на динаміку маси бульбочок у рослин гороху, г/рослину (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	бутонізація	цвітіння	налив зерна
Без обробки (контроль)	0,06/0,05	0,12/0,09	0,07/0,06
Вайбранс РФС (1 л/т)	0,07/0,05	0,13/0,11	0,08/0,07
Редіго (1 л/т)	0,06/0,05	0,13/0,11	0,08/0,07
Сферіко (1 л/т)	0,06/0,05	0,13/0,10	0,08/0,06
Авідо (1 л/т)	0,06/0,05	0,13/0,10	0,08/0,07
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	0,08/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	0,08/0,06	0,16/0,13	0,10/0,08
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	0,09/0,07	0,17/0,15	0,11/0,09
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	0,09/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	0,09/0,07	0,17/0,15	0,11/0,09
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	0,08/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	0,08/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	0,08/0,07	0,17/0,14	0,11/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	0,08/0,07	0,16/0,14	0,10/0,09
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	0,08/0,07	0,16/0,13	0,10/0,08
$НІР_{05,}$ г/рослину	0,01/0,01	0,02/0,02	0,01/0,01

*У чисельнику загальна маса бульбочок, г/рослину,
у знаменнику маса активних бульбочок, г/рослину

Після попередника соняшнику показники маси бульбочок у більшості варіантів були близькими до рівня після пшениці озимої. На контролі у фазу цвітіння маса бульбочок становила 0,12 г/рослину, активних 0,09 г/рослину, а за інокуляції та комбінацій з протруйниками 0,16–0,17 г/рослину загальна кількість і 0,13–0,15 г/рослину активна фракції.

Практично однакова маса бульбочок за різних попередників при дещо нижчій їх кількості після соняшника може відображати компенсаторні зміни розміру окремих бульбочок, однак не обов'язково означає однакову азотфіксувальну віддачу. Інтенсивність біологічної фіксації визначається не тільки масою, а й фізіологічним станом бульбочок, часткою активних структур та тривалістю їх функціонування упродовж вегетаційного періоду.

Узагальнення отриманих даних підтверджує, що пшениця озима як попередник формує дещо сприятливіший фон для розвитку симбіозу гороху, особливо за показниками кількості активних бульбочок у фазу цвітіння. Водночас визначальним чинником підвищення симбіотичної активності є система передпосівної обробки насіння, яка включає інокуляцію, що істотно збільшує кількість і масу активних бульбочок, а її поєднання з фунгіцидним протруюванням забезпечує стабільніші показники впродовж вегетації та краще збереження активної фракції до пізніших фаз розвитку гороху. Найефективнішими за сукупністю ознак були схеми на основі Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з протруйниками, тоді як дослідні варіанти Атува + Премакс також забезпечували істотне посилення симбіозу, хоча в середньому дещо поступалися варіантам на основі інокулянту Ризолайн.

Формування потужного й функціонально активного бульбочкового апарату створює передумови для більш повного забезпечення рослин азотом за рахунок біологічної фіксації, що має важливе агрономічне та економічне значення, зменшуючи потребу у мінеральному азоті та сприяючи накопиченню частини біологічного азоту в ґрунті з рослинними рештками.

3.7. Симбіотичний потенціал та біологічна фіксація азоту горохом залежно від передпосівної обробки насіння та попередників

Бобово-ризобіальний симбіоз – це специфічна форма взаємодії гороху з бульбочковими бактеріями, яка забезпечує засвоєння атмосферного азоту й підсилює інтенсивність метаболічних процесів рослини [66, 149, 160, 185]. Як зазначає В. В. Калитка, зв'язування молекулярного азоту симбіотичними та ґрунтовими діазотрофними мікроорганізмами є екологічно безпечним і відносно дешевим шляхом азотного забезпечення посівів [19, 70, 140]. З огляду на це, коректна оцінка ефективності симбіозу має спиратися не лише на разові показники бульбочок, а на інтегральні параметри, які враховують і величину розвитку бульбочкового апарату та тривалість його роботи. Саме таку інформацію несуть загальний симбіотичний потенціал (ЗСП) та активний симбіотичний потенціал (АСП). ЗСП характеризує стан симбіозу за вегетаційний період і за визначенням завжди перевищує АСП, оскільки загальний симбіоз охоплює час від появи перших бульбочок до їх повного розпаду [66, 94, 166]. АСП відображає лише період активного функціонування бульбочок і формується за рахунок тривалості активного симбіозу та маси активних бульбочок, тому є більш прикладним індикатором потенціалу біологічної фіксації азоту [157].

Після попередника пшениці озимої у контролі тривалість загального симбіозу становила 52 доби, а активного – 36 діб (табл. 3.15). Застосування лише фунгіцидних протруйників майже не змінювало тривалість: загальний симбіоз коливався в межах 52–53 діб, активний – 36–37 діб, тобто різниця відносно контролю була незначною і не виходила за межі $НІР_{05}$. Водночас за симбіотичним потенціалом відмінності проявлялися чіткіше. У контролі ЗСП дорівнював 3,17 тис. кг·діб/га, АСП – 1,72 тис. кг·діб/га, тоді як у варіантах із протруюванням ЗСП зростав до 3,46–4,16 тис. кг·діб/га, а АСП – до 2,05–2,18 тис. кг·діб/га. Важливо, що приріст АСП у всіх фунгіцидних варіантах становив 0,33–0,46 тис. кг·діб/га і перевищував $НІР_{05}$ для АСП (0,29 тис. кг·діб/га), тобто

ефект за активним потенціалом був статистично підтвердженим. Натомість для ЗСП приріст був більш варіативним, а саме, максимальне значення забезпечив Вайбранс РФС – 4,16 тис. кг·діб/га.

Таблиця 3.15

Формування загального та активного симбіотичного потенціалу рослин гороху сорту Мадонна залежно від передпосівної обробки насіння та попередника пшениці озимої (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Тривалість симбіозу, діб		Симбіотичний потенціал, тис. кг діб/га	
	загальний	активний	загальний	активний
Без обробки (контроль)	52	36	3,17	1,72
Вайбранс РФС (1 л/т)	53	37	4,16	2,18
Редіго (1 л/т)	53	37	3,82	2,13
Сферіко (1 л/т)	52	36	3,49	2,07
Авідо (1 л/т)	52	36	3,46	2,05
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	55	39	5,43	3,24
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	55	39	5,05	2,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	56	40	6,05	3,46
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	56	40	5,94	3,39
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	56	40	5,94	3,39
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	56	40	5,77	3,30
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	55	39	5,25	2,89
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	55	39	5,20	2,87
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	55	39	5,38	2,81
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	55	39	5,33	2,78
$НІР_{05}$	1–2	1–2	0,19–0,21	0,17–0,19

Якісно інший рівень функціонування симбіозу формували інокуляційні схеми. При застосуванні Ризолайн + Ризосейв тривалість загального симбіозу зростала до 55 діб, активного – до 39 діб, а ЗСП і АСП досягали відповідно 5,43

і 3,24 тис. кг·діб/га. Порівняно з контролем це означало приріст ЗСП на 2,26 тис. кг·діб/га та приріст АСП на 1,52 тис. кг·діб/га. Схема застосування препаратів Атува + Премакс також підвищувала симбіотичні показники, однак абсолютні значення були дещо меншими і становили для ЗСП становив 5,05 тис. кг·діб/га, для АСП – 2,78 тис. кг·діб/га.

Найвищі інтегральні значення зафіксовано у комбінаціях інокуляції з фунгіцидним протруюванням, особливо у варіантах на основі Ризолайн + Ризосейв, при цьому тривалість загального симбіозу досягала 56 діб, активного – 40 діб, а ЗСП і АСП зростали до 5,77–6,05 та 3,30–3,46 тис. кг·діб/га. Максимум забезпечила комбінація з Вайбранс РФС (ЗСП – 6,05 тис. кг·діб/га; АСП – 3,46 тис. кг·діб/га). Порівняно з інокуляцією без протруйника це додавало ще близько 0,62 тис. кг·діб/га до ЗСП і 0,22 тис. кг·діб/га до АСП, тобто формувало додаткове, хоча й менше за масштабом, підсилення комплексної продуктивності симбіозу.

Після попередника соняшника загальна тенденція реакції варіантів застосування передпосівної обробки насіння зберігалася, але базові значення були нижчими (табл. 3.16). У контролі тривалість загального симбіозу становила 50 діб, активного – 34 доби, ЗСП дорівнював 2,50 тис. кг·діб/га, АСП – 1,44 тис. кг·діб/га. Фунгіцидні протруйники не зменшували показники загального і активного симбіозу, при цьому збільшували симбіотичний потенціал до 3,07–3,44 тис. кг·діб/га для ЗСП та до 1,71–1,89 тис. кг·діб/га для АСП. Тут також принципово важливо, що приріст АСП у фунгіцидних варіантах становив 0,27–0,45 тис. кг·діб/га і був математично-статистично доведеним.

Інокуляція насіння гороху забезпечувала найбільший ефект: Ризолайн + Ризосейв формував ЗСП 4,88 тис. кг·діб/га та АСП 2,87 тис. кг·діб/га, тоді як Атува + Премакс – 4,58 і 2,49 тис. кг·діб/га. Поєднання інокулянтів із протруйниками підвищувало АСП до 2,92–3,10 тис. кг·діб/га і ЗСП до 4,92–5,51 тис. кг·діб/га, а найвищі значення забезпечила комбінація препаратів Ризолайн + Ризосейв із Вайбранс РФС (ЗСП – 5,51 тис. кг·діб/га, АСП – 3,10 тис. кг·діб/га).

Таблиця 3.16

Формування загального та активного симбіотичного потенціалу рослин гороху сорту Мадонна залежно від передпосівної обробки насіння та попередника соняшнику (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Тривалість симбіозу, днів		Симбіотичний потенціал, тис. кг діб/га	
	загальний	активний	загальний	активний
Без обробки (контроль)	50	34	2,50	1,44
Вайбранс РФС (1 л/т)	51	35	3,44	1,89
Редіго (1 л/т)	51	35	3,18	1,87
Сферіко (1 л/т)	51	35	3,18	1,71
Авідо (1 л/т)	51	35	3,07	1,81
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	53	37	4,88	2,87
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	53	37	4,58	2,49
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	54	38	5,51	3,10
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	54	38	5,35	3,01
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	54	38	5,24	2,95
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	54	38	4,92	2,92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	53	37	4,93	2,90
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	53	37	4,83	2,84
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	53	37	4,58	2,84
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	53	37	4,53	2,64
$НІР_{05}$	1–2	1–2	0,22–0,24	0,12–0,15

Показники симбіотично фіксованого азоту закономірно відтворювали рівень АСП і чітко розміщували варіанти за ефективністю (табл. 3.17). Після пшениці озимої у контролі фіксувалося 31,0 кг/га азоту, тоді як у варіантах із протруюванням – 36,9–39,2 кг/га. Отже, різниця між попередниками за показником симбіотичної фіксації азоту становила 5,9–8,2 кг/га. Інокуляція забезпечувала принципово більші значення: Ризолайн + Ризосейв – 58,3 кг/га,

Атува + Премакс – 50,0 кг/га. Максимальна азотфіксація була у варіантах препаратів Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з протруйниками – 59,4–62,3 кг/га, причому максимум 62,3 кг/га отримано у комбінації з Вайбранс РФС, що на 31,3 кг/га вище контролю.

Таблиця 3.17

Кількість симбіотично фіксованого азоту у гороху сорту Мадонна залежно від передпосівної обробки насіння та попередників, кг/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Попередник	
	пшениця озима	соняшник
Без обробки (контроль)	31,0	25,9
Вайбранс РФС (1 л/т)	39,2	34,0
Редіго (1 л/т)	38,3	33,7
Сферіко (1 л/т)	37,3	30,8
Авідо (1 л/т)	36,9	32,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	58,3	51,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	50,0	44,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	62,3	55,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	61,0	54,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	61,0	53,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	59,4	52,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	52,0	52,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	51,7	51,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	50,6	51,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	50,0	47,5
$НІР_{05}$, кг/га фактор А фактор В	4,0–4,2 3,4–3,8	3,2–3,5 3,0–3,1

Після соняшника контрольний рівень фіксації біологічного азоту був нижчим і становив 25,9 кг/га. Протруювання насіння підвищувало азотфіксацію до 30,8–34,0 кг/га, інокуляція забезпечувала 44,8–51,7 кг/га, а максимальні

значення формували комбінації на основі Ризолайн + Ризосейв – до 55,8 кг/га. Порівняння попередників показує, що після пшениці озимої показники симбіозу були вищими, ніж після соняшнику, а саме, у контролі ЗСП перевищував рівень фіксації азоту на 5,1 кг/га.

Водночас у найефективніших схемах різниця між попередниками зменшувалася – для комбінації Ризолайн + Ризосейв із Вайбранс РФС перевага пшениці становила 6,5 кг/га за фіксацією азоту, тобто високоефективна передпосівна обробка істотно вирівнювала роботу симбіозу навіть за менш сприятливого попередника.

Порівняння за роками щодо накопичення симбіотично фіксованого азоту у гороху сорту Мадонна виявилися визначальними для рівня прояву бобово-ризобіального симбіозу та мали чітко спрямовану залежність (додаток Б.1–Б.3). Упродовж 2023–2025 рр. встановлено закономірне зниження абсолютних значень фіксації біологічного азоту від найвищих показників у 2023 році до нижчих у 2024 році і мінімальних у 2025 році, що відображає ускладнення гідротермічних умов вегетації гороху та зменшення тривалості активної (ефективної) роботи бульбочок. Водночас, при коливанні метеорологічного фону, технологічні відмінності між варіантами зберігалися стабільно, а найрезультативніші схеми біологізації та захисту насіння забезпечували підвищений рівень фіксації азоту також у дефіцитні за зволоженням роки.

Найсприятливішим для реалізації симбіотичної активності був 2023 рік завдяки кращому зволоженню на початку вегетації та у критичні фази розвитку. Опади у березні–квітні становили 133,1 мм, а ГТК за травень–липень дорівнював 0,83, що забезпечило найвищі показники азотфіксації. Після пшениці озимої на контролі фіксація азоту становила 38,0 кг/га, тоді як у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС досягала 77,8 кг/га. Після соняшнику контроль забезпечував 32,2 кг/га, при цьому максимальні значення становили 70,3 кг/га, тобто інокуляційні та комбіновані схеми передпосівного протруювання насіння формували суттєве зростання біологічно фіксованого азоту порівняно з контролем. У 2024 році рівень симбіотично фіксованого азоту знизився

внаслідок дефіциту вологозабезпеченості в ранньовесняний період. Опади у березні–квітні становили 31,6 мм, а ГТК у травні–липні зменшився до 0,62, що обмежило активність симбіозу. Після пшениці озимої на контролі азотфіксація становила 28,8 кг/га, тоді як найефективніші комбінації забезпечували 56,6–57,8 кг/га. Після соняшнику відповідні показники становили 24,1 кг/га на контролі та 51,8 кг/га у найрезультативніших варіантах. Попри загальне зниження абсолютних показників фіксації атмосферного азоту, біологізовані варіанти передпосівної обробки насіння і надалі забезпечували вищий рівень азотфіксації порівняно з контролем. Найскладнішим за гідротермічними умовами був 2025 рік з найнижчим ГТК (0,54), коли фіксація азоту залишалася мінімальною. На контролі вона становила 26,1 кг/га після пшениці та 21,4 кг/га після соняшнику, тоді як у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС досягала 51,3 і 45,3 кг/га, відповідно.

У підсумку отримані дані переконливо свідчать, що самі по собі фунгіцидні протруйники забезпечують переважно помірне підсилення активного симбіотичного потенціалу та відповідної азотфіксації, тоді як інокуляція є ключовим фактором суттєвого зростання ЗСП, АСП і кількості симбіотично фіксованого азоту. Найвищі значення стабільно формують комбіновані схеми, передусім Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками, а попередник пшениця озима створює більш сприятливий фон для реалізації симбіотичного потенціалу порівняно із соняшником.

3.8. Динаміка вмісту рухомих сполук азоту, фосфору і калію в ґрунті в посівах гороху

Забезпеченість ґрунту доступними формами азоту, фосфору і калію належала до базових передумов реалізації продуктивного потенціалу гороху, оскільки ці елементи визначали інтенсивність ростових процесів, формування кореневої системи, закладання генеративних органів і динаміка бобово-ризобіального симбіозу [123, 207, 218]. Для степової зони України актуальність

питання зростала через дефіцит вологи та високу мінливість гідротермічних умов, за яких швидкість трансформації сполук азоту, мобілізація фосфатів і надходження обмінного калію протягом вегетації істотно змінювалися [152].

У численних дослідженнях показано, що фосфорне живлення є критично важливим для ефективної азотфіксації, оскільки дефіцит рухомих фосфатів обмежує енергетичне забезпечення утворення і функціонування бульбочок та послаблює засвоєння атмосферного азоту [31, 196]. Також встановлено, що застосування інокуляції насіння ефективними штамами ризобій, особливо у поєднанні з біопротекторами та фунгіцидними протруйниками, може активізувати ризосферні процеси, покращувати розвиток кореневої системи й, відповідно, підвищувати доступність елементів живлення для рослин. Водночас попередник у сівозміні формував базовий агрофон, адже культури з високим виносом поживних речовин і значним водоспоживанням здатні зумовлювати нижчу забезпеченість ґрунту доступними формами NPK для наступної культури [60, 172, 212].

Нітратний азот у ґрунті під горохом оцінювали за двома варіантами методики визначення, без компостування та із 7-ми денним компостуванням [54]. Значення, отримані за визначенням із компостуванням, були вищими за абсолютною величиною, що відображало особливості аналітичної підготовки зразків, а не дію окремого польового прийому. Тому інтерпретацію результатів виконували шляхом порівняння варіантів передпосівної обробки в межах кожного варіанта визначення, а також шляхом зіставлення попередників і динаміки за фазами розвитку гороху [185, 200].

Після попередника пшениці озимої у контролі за визначенням без компостування вміст $N–NO_3$ послідовно зменшувався від фази 4–6 листків до бутонізації та до повної стиглості, що узгоджувалося з інтенсивним споживанням нітратів посівом у міру наростання біомаси (табл. 3.18). Передпосівна обробка насіння забезпечувала стабільно вищий рівень нітратної забезпеченості у кожній із фаз розвитку рослин. Ефект протруйників проявлявся помірним підвищенням порівняно з контролем, тоді як біологічні комплекси

мали чіткішу перевагу. Найвиразніше це простежувалося у варіанті поєднання інокулянта та біопротектора з протруйником Вайбранс РФС, де на ранній фазі розвитку вміст $N–NO_3$ досягав 22,8 мг/кг порівняно з 18,0 мг/кг у контролі, а до повної стиглості зберігався на рівні 14,0 мг/кг порівняно з 9,2 мг/кг у контролі. Отже, комплексна схема передпосівної обробки не змінювала загальної спрямованості сезонної динаміки, проте формувала вищий рівень нітратного режиму на ключових етапах органогенезу.

Таблиця 3.18

Динаміка вмісту нітратного азоту залежно від передпосівної обробки насіння і попередника пшениці озимої, мг/кг (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	$N-NO_3$ без компостування			$N-NO_3$ після компостування		
	1*	2	3	1	2	3
Без обробки (контроль)	18,0	13,8	9,2	29,5	22,7	16,7
Вайбранс РФС (1 л/т)	19,9	15,7	11,1	32,4	25,6	19,6
Редіго (1 л/т)	19,6	15,4	10,8	32,0	25,2	19,2
Сферіко (1 л/т)	19,5	15,3	10,7	31,8	25,0	19,0
Авідо (1 л/т)	19,2	15,0	10,4	31,4	24,6	18,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	21,7	17,5	12,9	35,1	28,3	22,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	20,6	16,4	11,8	33,4	26,6	20,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	22,8	18,6	14,0	36,7	29,9	23,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	22,5	18,3	13,7	36,3	29,5	23,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	22,6	18,4	13,8	36,5	29,7	23,7
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	22,4	18,2	13,6	36,1	29,3	23,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	22,1	17,9	13,3	35,7	28,9	22,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	22,0	17,8	13,2	35,5	28,7	22,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	21,8	17,6	13,0	35,3	28,5	22,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	21,6	17,4	12,8	34,9	28,1	22,1
$НІР_{05}$	0,8	0,7	0,6	1,1	1,0	0,9

*Фаза розвитку рослин гороху: 1 – 4–6 листків, 2 – бутонізація; 3 – повна стиглість.

За визначенням із компостуванням після пшениці озимої також фіксували

закономірне зниження показника від ранньої фази до повної стиглості (табл. 3.18). У контролі на фазі 4–6 листків визначали 29,5 мг/кг, тоді як у варіанті Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з Вайбранс РФС показник становив 36,7 мг/кг. На подальших фазах різниця між контролем і комплексною обробкою зберігалася, що підтверджувало узгоджений ефект варіанта передпосівної обробки незалежно від способу аналітичного визначення.

Після попередника соняшнику нітратний режим ґрунту був нижчим порівняно з попередником пшениці озимої (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Динаміка вмісту нітратного азоту залежно від передпосівної обробки насіння і попередника соняшнику, мг/кг (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	$N\text{-}NO_3$ без компостування			$N\text{-}NO_3$ після компостування		
	1*	2	3	1	2	3
Без обробки (контроль)	14,8	11,0	7,2	24,8	18,6	13,3
Вайбранс РФС (1 л/т)	16,8	13,0	9,2	27,6	21,4	16,1
Редіго (1 л/т)	16,5	12,7	8,9	27,2	21,0	15,7
Сферіко (1 л/т)	16,3	12,5	8,7	26,9	20,7	15,4
Авідо (1 л/т)	16,1	12,3	8,5	26,7	20,5	15,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	18,5	14,7	10,9	30,1	23,9	18,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	17,3	13,5	9,7	28,4	22,2	16,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	19,8	16,0	12,2	31,9	25,7	20,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	19,7	15,9	12,1	31,8	25,6	20,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	19,6	15,8	12,0	31,7	25,5	20,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	19,5	15,7	11,9	31,5	25,3	20,0
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	19,1	15,3	11,5	31,0	24,8	19,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	18,9	15,1	11,3	30,6	24,4	19,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	18,7	14,9	11,1	30,4	24,2	18,9
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	18,6	14,8	11,0	30,2	24,0	18,7
$НІР_{05}$	0,7	0,6	0,5	1,0	0,9	0,8

*Фаза розвитку рослин гороху: 1 – 4–6 листків, 2 – бутонізація; 3 – повна стиглість.

Це чітко проявлялося вже на ранній фазі розвитку гороху, коли у контролі за визначенням без компостування вміст $N–NO_3$ становив 14,8 мг/кг порівняно з 18,0 мг/кг після пшениці озимої. По мірі вегетації рослин гороху показник надалі зменшувався і на повну стиглість досягав 7,2 мг/кг, що було нижче порівняно з 9,2 мг/кг після попередника пшениці озимої. Передпосівна обробка насіння покращувала нітратну забезпеченість і за менш сприятливого попередника, причому найбільший ефект знову забезпечував комплекс Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з Вайбранс РФС. У цьому варіанті у фазу 4–6 листків встановили рівень нітратного азоту – 19,8 мг/кг порівняно з 14,8 мг/кг у контролі, а в повну стиглість показник становив 12,2 мг/кг порівняно з 7,2 мг/кг у контролі. Це свідчило, що комплексна обробка насіння підтримувала кращий нітратний режим ґрунту протягом усього періоду вегетації навіть після попередника соняшнику.

За визначенням із компостуванням зразку ґрунту після соняшнику абсолютні значення нітратного азоту були вищими, однак співвідношення між варіантами зберігалося. Так, у фазі 4–6 листків у контролі вміст нітратного азоту становив 24,8 мг/кг, тоді як у комплексному варіанті Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з Вайбранс РФС показник був на рівні 31,9 мг/кг. Подальше зниження до бутонізації та повної стиглості було закономірним, а перевага комплексної обробки насіння зберігалася.

Наступним етапом аналізу було оцінено забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору (P_2O_5) та обмінним калієм (K_2O) упродовж вегетації гороху після попередників пшениці озимої та соняшнику (табл. 3.20 і табл. 3.21). Оцінку показників виконували з урахуванням фаз розвитку рослин, оскільки інтенсивність споживання P_2O_5 і K_2O змінювалася від ранніх етапів органогенезу до повної стиглості.

Після попередника пшениці озимої у контролі простежували поступове зменшення вмісту рухомого фосфору від 112 мг/кг у фазі 4–6 листків до 103 мг/кг в повну стиглість (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Динаміка вмісту рухомого фосфору та обмінного калію залежно від передпосівної обробки насіння і попередника пшениці озимої, мг/кг (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	P_2O_5			K_2O		
	1*	2	3	1	2	3
Без обробки (контроль)	112	108	103	145	139	133
Вайбранс РФС (1 л/т)	117	113	108	151	145	139
Редіго (1 л/т)	116	112	107	150	144	138
Сферіко (1 л/т)	116	112	107	150	144	138
Авідо (1 л/т)	115	111	106	149	143	137
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	122	118	113	156	150	144
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	119	115	110	153	147	141
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	124	120	115	160	154	148
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	124	120	115	159	153	147
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	124	120	115	159	153	147
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	123	119	114	158	152	146
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	123	119	114	157	151	145
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	122	118	113	157	151	145
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	122	118	113	157	151	145
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	121	117	112	156	150	144
$НІР_{05}$	3	3	3	4	4	4

*Фаза розвитку рослин гороху: 1 – 4–6 листків, 2 – бутонізація; 3 – повна стиглість.

Аналогічний характер мала динаміка калію, коли показник зменшувався від 145 мг/кг на ранній фазі розвитку рослин гороху до 133 мг/кг у період повної стиглості. Передпосівна обробка насіння підвищувала рівень забезпеченості ґрунту як фосфором, так і калієм у кожній фазі розвитку. Найкращі значення були характерні для комплексного поєднання Ризолайн + Ризосейв з протруйником Вайбранс РФС, де у фазі 4–6 листків визначали 124 мг/кг P_2O_5 порівняно з 112 мг/кг у контролі, а на повну стиглість 115 мг/кг порівняно з 103 мг/кг у контролі. За вмістом обмінного калію у цьому ж варіанті на ранній фазі

росту і розвитку рослин гороху було встановлено – 160 мг/кг порівняно з 145 мг/кг у контролі, тоді як у повну стиглість показник становив 148 мг/кг порівняно з 133 мг/кг у контролі. Таким чином, передпосівна обробка не змінювала загальної динаміки сезонного зниження, проте забезпечувала стабільно вищий рівень доступних форм фосфору і калію упродовж вегетації.

Після попередника соняшнику базовий рівень рухомих сполук фосфору та калію був нижчим, ніж після пшениці озимої, що відображало менш сприятливий поживний режим (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Динаміка вмісту рухомого фосфору та обмінного калію залежно від передпосівної обробки насіння і попередника соняшнику, мг/кг (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	P_2O_5			K_2O		
	1*	2	3	1	2	3
Без обробки (контроль)	98	94	89	128	122	116
Вайбранс РФС (1 л/т)	103	99	94	134	128	122
Редіго (1 л/т)	102	98	93	133	127	121
Сферіко (1 л/т)	102	98	93	132	126	120
Авідо (1 л/т)	101	97	92	132	126	120
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	107	103	98	139	133	127
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	104	100	95	135	129	123
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	110	106	101	142	136	130
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	110	106	101	142	136	130
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	110	106	101	142	136	130
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	110	106	101	142	136	130
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	109	105	100	141	135	129
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	108	104	99	140	134	128
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	108	104	99	140	134	128
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	108	104	99	139	133	127
$НІР_{05}$	3	3	3	4	4	4

*Фаза розвитку рослин гороху: 1 – 4–6 листків, 2 – бутонізація; 3 – повна стиглість.

У контролі в фазі 4–6 листків вміст P_2O_5 становив 98 мг/кг, а в повну стиглість знижувався до 89 мг/кг. Обмінний калій у контролі зменшувався від 128 мг/кг на ранній фазі росту рослин гороху до 116 мг/кг у період повної стиглості.

Передпосівна обробка насіння підвищувала забезпеченість ґрунту фосфором і калієм та частково компенсувала негативний вплив попередника. Найвищі значення формувалися за поєднання інокуляції та біопротекції з Вайбранс РФС, де в фазі 4–6 листків вміст P_2O_5 досягав 110 мг/кг порівняно з 98 мг/кг у контролі, а в повну стиглість становив 101 мг/кг порівняно з 89 мг/кг у контролі. За вмістом обмінного калію у цьому варіанті на ранній фазі росту рослин було зафіксовано 142 мг/кг порівняно з 128 мг/кг у контролі, а в повну стиглість 130 мг/кг порівняно з 116 мг/кг у контролі. Встановлено, що навіть після соняшнику комплексна передпосівна обробка насіння забезпечувала відчутно кращі показники фосфорно-калійного режиму ґрунту упродовж вегетації.

Отже, вирішальним чинником поживного режиму ґрунту під посівами горохом був попередник. Після пшениці озимої вміст доступних форм N, P і K був вищим, ніж після соняшнику. Це чітко проявлялося вже у фазі 4–6 листків, коли $N–NO_3$ у контролі становив 18,0 мг/кг порівняно з 14,8 мг/кг. Упродовж вегетації забезпеченість рухомими сполуками закономірно знижувалася від фази 4–6 листків до повної стиглості, що відображало виносу елементів живлення посівом. Найкраще підвищений рівень азоту, фосфору й калію підтримувала комплексна передпосівна обробка насіння Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з Вайбранс РФС. Саме на цьому варіанті на початку вегетації фіксували максимальні значення $N–NO_3$, які дорівнювали 22,8 мг/кг після пшениці озимої та 19,8 мг/кг після соняшнику, і перевага зберігалася до повної стиглості на рівні 14,0 мг/кг та 12,2 мг/кг, відповідно. Подібна закономірність простежувалася і за показниками вмісту рухомих сполук фосфору та калію. У фазі 4–6 листків у кращому варіанті вміст P_2O_5 становив 124 мг/кг після пшениці озимої та 110 мг/кг після соняшнику, тоді як у контролі він дорівнював 112 мг/кг і 98 мг/кг. За

вмістом K_2O в цій фазі досягав 160 мг/кг і 142 мг/кг порівняно з 145 мг/кг і 128 мг/кг у контролі, а до повної стиглості перевага за вмістом P_2O_5 і K_2O зберігалася.

Висновки до розділу 3

В результаті проведення досліджень було встановлено, що передпосівна обробка насіння гороху, особливо інокуляційні та комбіновані схеми, є визначальним технологічним чинником формування продуктивного агроценозу. Передпосівна обробка насіння інокулянтами в поєднанні з протруйниками покращує формування сходів і збереженість рослин, оптимізує ріст і проходження фенологічних фаз, посилює розвиток асиміляційного апарату та підвищує фотосинтетичну і симбіотичну активність посівів, частково нівелюючи обмеження менш сприятливих агрофонів.

Посівні якості за різними методами оцінки реагували на передпосівну обробку насіння неоднаково, а саме, лабораторна схожість (за ДСТУ) у частини протруйників знижувалася з 94,2 % (контроль) до 89,8–91,4 %, тоді як інокуляційні та біологізовані схеми підвищували її до 96,7–97,3 %. Cold-test як більш наближений до польових стресових умов показав закономірне зростання схожості від 84,1 % у контролі до 90,6–93,5 % у біологічних і комбінованих варіантах, з максимумом 93,5 % за Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС.

Польова схожість стабільно зростала під впливом передпосівної обробки, причому найбільший ефект мали схеми з біологічними компонентами – після попередника пшениці озимої показник підвищувався з 80,3 % до 89,3 % (на 9,0 %), після соняшнику – з 74,1 % до 85,2 % (на 11,1 %). Це обґрунтовує підвищену технологічну доцільність обробки насіння саме на гіршому попереднику.

Збереженість рослин упродовж вегетації була ключовою ознакою адаптивності посівів до посушливих умов зони Північного Степу і найбільше зростала за поєднання інокуляції з протруюванням. Після пшениці озимої виживання підвищувалося з 83,7 % до 93,1 % із приростом передзбиральної густоти до 108 шт./м² порівняно з 87 шт./м², після соняшнику – з 80,2 % до 91,9 % і до 102 шт./м² порівняно з 77 шт./м².

Фенологічний розвиток і тривалість вегетації залежали від попередника та обробки насіння. У контрольному варіанті вегетація рослин гороху була тривалішою після пшениці озимої (88 діб), ніж після соняшнику (86 діб). Інокуляційні та комбіновані схеми обробки насіння гороху подовжували вегетаційний період до 92–95 діб після пшениці та до 89–93 діб після соняшнику, а максимальні значення формував варіант Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС.

Морфологічні показники росту підтвердили перевагу попередника пшениця озима та синергію інокуляції з фунгіцидним захистом, при цьому висота рослин після пшениці зростала з 65,1 до 68,1 см, після соняшнику – з 61,9 до 65,5 см. Висота прикріплення нижнього бобу підвищувалася на 0,7–1,1 см, що зменшує потенційні втрати під час механізованого збирання.

Формування асиміляційної поверхні та інтегральна фотосинтетична продуктивність посівів посилювалися інокуляцією, особливо в комбінаціях із протруйниками. У фазу цвітіння площа листків зростала до 40,5 тис. м²/га після пшениці озимої до 37,4 тис. м²/га після соняшнику. Це супроводжувалося підвищенням фотосинтетичного потенціалу (з 1,58 до 1,97 млн м²·діб/га після пшениці та з 1,36 до 1,75 млн м²·діб/га після соняшнику) і накопичення сухої речовини, тоді як чиста продуктивність фотосинтезу мала тенденцію до зниження як закономірний ефект за більшої листкової поверхні.

Симбіотична активність гороху найбільшою мірою визначалася інокуляцією та її поєднанням із протруйниками. У фазу цвітіння кількість бульбочок після пшениці озимої зростала з 19,3 загальних і 17,5 активних до 28,3 загальних і 25,4 активних шт./рослину, після соняшнику – з 18,0 загальних і 16,1 активних до 26,8 загальних і 23,7 активних шт./рослину. Інтегральні показники симбіозу також істотно підвищувалися (ЗСП і АСП), що забезпечувало приріст симбіотично фіксованого азоту з 31,0 до 62,3 кг/га після пшениці озимої та з 25,9 до 55,8 кг/га після попередника соняшнику.

Встановлено, що попередник визначав базовий рівень доступних форм NPK, а передпосівна обробка насіння забезпечувала їх стабільне підвищення впродовж вегетації. Після пшениці озимої вміст $N–NO_3$, P_2O_5 і K_2O у ґрунті був

вищим, ніж після соняшнику (зокрема у фазі 4–6 листків у контролі $N–NO_3$ становив 18,0 мг/кг порівняно з 14,8 мг/кг). Для обох попередників характерним було закономірне зниження забезпеченості рухомими сполуками від 4–6 листків до повної стиглості, що відображало споживання елементів живлення посівом. Найефективнішою за підтримання підвищеного рівня нітратного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію в усі фази розвитку була комплексна схема Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з Вайбранс РФС, яка формувала максимальні значення $N–NO_3$ на початку вегетації (22,8 мг/кг після пшениці та 19,8 мг/кг після соняшнику) і зберігала перевагу до повної стиглості (14,0 та 12,2 мг/кг відповідно), а також забезпечувала найвищі рівні P_2O_5 і K_2O порівняно з контролем за обома попередниками.

Основні наукові результати розділу 3 автором опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [39, 43].

РОЗДІЛ 4

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

У сучасному землеробстві одним із пріоритетних завдань є пошук таких технологічних рішень, які одночасно забезпечують підвищення продуктивності культур, поліпшення якості продукції та раціональне використання природних ресурсів за умови збереження родючості ґрунтів. Особливої актуальності це набуває щодо зернобобових культур, зокрема гороху посівного, який формує високобілкову сировинну базу та відіграє важливу роль у біологізації землеробства завдяки здатності фіксувати атмосферний азот у симбіозі з бульбочковими бактеріями. Реалізація продуктивного потенціалу гороху істотно залежить від вибору попередника, рівня забезпечення вологою й елементами живлення, а також від ефективності схем передпосівної обробки насіння, спрямованих на стимуляцію проростання, активізацію симбіотичної діяльності та підвищення стійкості рослин упродовж вегетації.

4.1. Формування структурних елементів урожаю гороху під впливом попередників і передпосівної підготовки насіння

Структурні елементи врожаю є ключовою ланкою, через яку реалізується продуктивний потенціал сорту. Для гороху визначальну роль мають кількість бобів на рослині, число зерен у бобі, маса 1000 зерен та маса зерна з однієї рослини. Саме їхня варіація під впливом попередників і схем передпосівної обробки насіння зумовлює рівень біологічної та господарської врожайності культури. Як свідчать одержані результати, після попередника пшениця озима у контрольному варіанті без обробки насіння рослини гороху формували в середньому 2,8 боба, 3,8 зернини в бобі, масу 1000 зерен 215,2 г та масу зерна з рослини 2,43 г (табл. 4.1). Застосування фунгіцидних протруйників Вайбранс

РФС, Редіго, Сферіко та Авідо сприяло деякому збільшенню кількості бобів до 3,0 шт./росл. та зростанню середньої кількості зерен у бобі до 3,9–4,0 шт. Різниця щодо контролю становила 0,2 боба та 0,1–0,2 зернини в бобі, що знаходилося на рівні або вище $НІР_{05}$, тобто свідчило про статистично підтверджений позитивний вплив протруйників на генеративну продуктивність рослин.

Таблиця 4.1

Елементи структури урожаю гороху залежно від передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениця озима (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Кількість бобів на рослину, шт.	Кількість зерен у бобі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з рослини, г
Без обробки (контроль)	2,8	3,8	215,2	2,43
Вайбранс РФС (1 л/т)	3,1	4,0	217,1	2,58
Редіго (1 л/т)	3,0	3,9	217,0	2,56
Сферіко (1 л/т)	3,0	3,9	216,2	2,55
Авідо (1 л/т)	3,0	3,8	216,2	2,53
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	3,1	4,0	219,3	2,71
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	3,0	4,0	218,6	2,62
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС 1 л/т	3,1	4,1	220,5	2,79
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	3,1	4,1	219,9	2,77
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко 1 л/т	3,1	4,2	220,1	2,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв 1 л/т + Авідо (1 л/т)	3,1	4,1	219,3	2,76
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	3,1	4,1	219,1	2,74
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	3,1	4,1	219,2	2,73
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	3,1	4,0	219,2	2,72
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	3,1	4,0	219,0	2,70
$НІР_{05}$	0,1–0,2	0,1–0,2	1,2–1,3	0,07–0,09

Більш виразне зростання елементів структури врожаю відмічено за використання інокулянту Ризолайн у поєднанні з біопротектором Ризосейв. У варіанті Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) кількість бобів на рослину зростала до 3,1 шт., а число зерен у бобі – до 4,0 шт., що перевищувало контроль на 0,3 шт. та 0,2 шт. одиниці, відповідно. Це свідчить про активацію симбіотичної діяльності та кращі умови живлення рослин, що відображалося на інтенсивнішому формуванні генеративних органів.

Важливо відмітити, що найбільші значення структурних показників врожаю після пшениці озимої отримано у варіантах комплексної передпосівної обробки насіння інокулянтами в поєднанні з фунгіцидними протруйниками. При схемах Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо кількість бобів на рослину стабільно становила до 3,1 шт., тоді як середнє число зерен у бобі досягало 4,1–4,2 шт. Максимальний показник (4,2 зернини) сформовано у варіанті Ризолайн + Ризосейв + Сферіко, що на 0,4 шт. більше контролю та істотно перевищує $НІР_{05}$. Це свідчить про синергічну дію мікробіологічної та фунгіцидної обробки насіння на формування генеративного потенціалу рослин.

Маса 1000 зерен у посівах після пшениці озимої також підпадала під суттєвий вплив варіантів передпосівної підготовки насіння. У контролі цей показник становив 215,2 г, тоді як за використання лише фунгіцидних протруйників він зростав до 216,2–217,1 г. Ще більші значення відмічено у варіантах з інокуляцією: за схеми Ризолайн + Ризосейв маса 1000 зерен досягала 219,3 г, а при поєднанні з Вайбранс РФС та Сферіко – 220,5 г та 220,1 г відповідно. Приріст становив 4,1–5,3 г щодо контролю, що майже в чотири рази перевищує $НІР_{05}$ (1,3 г) і засвідчує істотне покращення наливу зерна.

Інтегральним показником, який узагальнює вплив усіх структурних елементів, є маса зерна з однієї рослини. Після пшениці озимої в контролі вона становила 2,43 г, тоді як за використання фунгіцидних протруйників – 2,53–2,58 г. Застосування інокулянту Ризолайн + Ризосейв забезпечило збільшення маси зерна з рослини до 2,71 г, а за комплексних схем із фунгіцидними препаратами – до 2,76–2,79 г. Таким чином, приріст щодо контролю досягав 0,27–0,36 г, що у

3–4 рази перевищувало $НІР_{05}$ (0,09 г) і вказує на суттєве посилення реалізації потенціалу кожної рослини.

Після попередника соняшник абсолютні значення структурних елементів урожаю були дещо нижчими, що відображає гірший фітосанітарний стан та більш напружений водно-поживний режим цієї ланки сівозміни (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Елементи структури урожаю гороху залежно від передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника соняшнику (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Кількість бобів на рослину, шт.	Кількість зерен у бобі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з рослини, г
Без обробки (контроль)	2,8	3,6	212,1	2,19
Вайбранс РФС (1 л/т)	3,0	3,7	214,0	2,35
Редіго (1 л/т)	3,0	3,7	214,2	2,33
Сферіко (1 л/т)	2,9	3,7	213,9	2,31
Авідо (1 л/т)	2,9	3,7	213,8	2,30
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,9	3,9	216,2	2,48
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	2,9	3,8	215,3	2,38
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС 1 л/т	3,0	3,9	218,1	2,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	3,0	3,9	218,0	2,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко 1 л/т	3,0	3,9	217,2	2,57
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв 1 л/т + Авідо (1 л/т)	3,0	3,9	217,1	2,56
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	3,0	3,9	217,0	2,53
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	3,0	3,9	216,9	2,51
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	3,0	3,9	216,4	2,50
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	3,0	3,9	216,3	2,49
$НІР_{05}$	0,1–0,2	0,1–0,2	1,9–2,1	0,08–0,10

У контролі без обробки насіння кількість бобів на рослину становила 2,8 шт., число зерен у бобі – 3,6 шт., маса 1000 зерен – 212,1 г, а маса зерна з рослини – 2,19 г. Тобто всі показники виявилися нижчими, ніж після пшениці озимої, що підтверджує помітний вплив попередника на формування елементів структури врожаю.

Разом з тим загальна спрямованість реакції гороху на схеми передпосівної обробки насіння після соняшнику залишалася аналогічною до варіанта з пшеницею озимою. Застосування фунгіцидних протруйників Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо зумовило підвищення кількості бобів до 2,9–3,0 шт./росл. та збільшення числа зерен у бобі до 3,7 шт. Маса 1000 зерен при цьому зросла до 213,8–214,2 г, а маса зерна з рослини – до 2,30–2,35 г. Різниця щодо контролю за більшістю показників перевищувала $НІР_{05}$, що свідчить про достовірність впливу навіть за менш сприятливого попередника.

Найбільш виражений ефект, як і у варіанті після пшениці озимої, забезпечували схеми з використанням інокулянту Ризолайн та біопротектора Ризосейв. У варіанті Ризолайн + Ризосейв кількість зерен у бобі зростала до 3,9 шт., маса 1000 зерен – до 216,2 г, а маса зерна з рослини – до 2,48 г. Подальше поєднання цих препаратів із фунгіцидними протруйниками (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) сприяло формуванню 3,0 боба на рослину, 3,9 зернини в бобі, маси 1000 зерен 217,1–218,1 г і маси зерна з рослини 2,49–2,58 г. Приріст маси зерна з рослини щодо контролю становив 0,30–0,39 г при $НІР_{05}$ – 0,10 г, що свідчить про високий рівень реалізації біологічного потенціалу культури навіть у випадку післядії соняшнику.

Варіанти з використанням інокулянту Атува та біопротектора Премакс, як окремо, так і в комбінації з фунгіцидними протруйниками, забезпечували середні за величиною показники структури врожаю: кількість бобів 2,9–3,0 шт./росл., число зерен у бобі 3,8–3,9 шт., масу 1000 зерен 215,3–217,0 г і масу зерна з рослини 2,38–2,53 г. Хоча їх значення перевищували контроль, за більшістю параметрів вони поступалися варіантам з Ризолайн + Ризосейв, що свідчить про

різну ефективність мікробіологічних препаратів щодо стимулювання генеративної продуктивності рослин гороху.

Узагальнюючи результати, можна зазначити, що формування структурних елементів урожаю гороху посівного істотно залежить як від попередника, так і від схем передпосівної підготовки насіння. Найсприятливіші умови для закладання бобів, формування більшої кількості зерен у бобі, підвищення маси 1000 зерен та маси зерна з рослини створювалися в посівах після пшениці озимої за комплексної обробки насіння інокулянтом Ризолайн + біопротектором Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками. Саме ці варіанти забезпечували статистично достовірне покращення всіх складових структури врожаю як у ланці пшениця озима – горох, так і в ланці соняшник – горох, що стало передумовою формування підвищеної господарської врожайності культури.

4.2. Реалізація врожайного потенціалу гороху за різних попередників і способів передпосівної обробки насіння

Урожайність є комплексним показником, який сумарно відображає реакцію культури на поєднання ґрунтово-кліматичних умов, попередника та застосованих елементів технології, зокрема схем передпосівної обробки насіння. Як свідчать результати досліджень (табл. 4.3–4.5), сорт гороху посівного Мадонна демонстрував чітку диференціацію врожайності залежно від попередника та використаних мікробіологічних і хімічних препаратів для обробки насіння.

Після попередника пшениця озима врожайність зерна сорту Мадонна в середньому по роках змінювалась у межах від 2,53 т/га у варіанті без передпосівної обробки до 2,90 т/га за використання комплексної схеми Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т). У 2023 році, який характеризувався найвищим рівнем продуктивності, урожайність у контролі становила 3,77 т/га, тоді як за поєднання інокулянта Ризолайн + біопротектора

Ризосейв з фунгіцидними протруйниками Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо вона зростала до 4,43–4,47 т/га. Різниця між контролем і найефективнішими варіантами досягала 0,66–0,70 т/га, що суттєво перевищувало $НІР_{05}$ (0,12 т/га) і свідчило про високий рівень реалізації потенціалу сорту за умов ефективної передпосівної обробки насіння.

Таблиця 4.3

Урожайність зерна гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениці озимої, т/га

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	3,77	2,16	1,67
Вайбранс РФС (1 л/т)	4,03	2,29	1,73
Редіго (1 л/т)	4,00	2,28	1,70
Сферіко (1 л/т)	3,99	2,27	1,71
Авідо (1 л/т)	3,96	2,24	1,70
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	4,33	2,37	1,75
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	4,15	2,31	1,73
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС 1 л/т	4,47	2,44	1,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,46	2,44	1,75
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко 1 л/т	4,45	2,43	1,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв 1 л/т + Авідо (1 л/т)	4,43	2,42	1,77
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	4,36	2,41	1,79
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,34	2,42	1,75
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	4,33	2,39	1,77
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	4,30	2,38	1,76
$НІР_{05}$, т/га	0,12	0,11	0,10

У менш сприятливому за вологозабезпеченням 2024 році урожайність зерна після попередника пшениці озимої зменшилася до 2,16–2,44 т/га, проте загальна тенденція збереглась: найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки (2,16 т/га), тоді як максимальну врожайність 2,43–2,44 т/га

забезпечували схеми з використанням інокулянта Ризолайн + біопротектора Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками. Аналогічна закономірність простежувалася у 2025 році, коли врожайність у всіх варіантах була найнижчою за роки досліду (1,67–1,79 т/га), але навіть за таких умов комплексна передпосівна обробка насіння дозволяла забезпечити істотний приріст зернової продуктивності.

Так, порівняно з контролем (1,67 т/га) варіанти з Ризолайн + Ризосейв і фунгіцидними протруйниками або композицією Атува + Премакс + Вайбранс РФС забезпечували приріст врожайності на 0,11–0,12 т/га, що знаходиться на рівні або вище $НІР_{05}$ (0,10 т/га).

Після попередника соняшник врожайність сорту Мадонна загалом була нижчою, що свідчить про гірші передумови для формування продуктивності культури (табл. 4.4). У 2023 році урожайність коливалась у межах 3,47–4,20 т/га, причому найнижчий показник отримано в контролі без обробки, а найвищий за схеми Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС (4,20 т/га).

Аналогічні значення – 4,18–4,19 т/га – формувалися за поєднання інокулянтів із протруйниками Редіго, Сферіко та Авідо. Різниця між контролем і найефективнішими варіантами досягала 0,71–0,73 т/га, що суттєво перевищувало $НІР_{05}$ (0,13 т/га) і підтверджує високий ефект інтегрованої передпосівної обробки насіння навіть за менш сприятливого попередника.

У 2024 році після соняшника врожайність змінювалась від 1,94 т/га (контроль) до 2,26 т/га (комбінації Ризолайн + Ризосейв з Вайбранс РФС або Редіго), а в 2025 році від 1,42 т/га до 1,60 т/га.

Як і після пшениці озимої, у всі роки досліджень найвищі значення врожайності забезпечували варіанти використання інокулянтів у поєднанні з фунгіцидними протруйниками, тоді як застосування лише фунгіцидів або лише інокулянту Атува + біопротектору Премакс давало проміжні результати. За найменш сприятливих умов 2025 року різниця між контролем (1,42 т/га) та найкращими варіантами (1,58–1,60 т/га) становила 0,16–0,18 т/га, що істотно перевищувало $НІР_{05}$ (0,09 т/га) і свідчило про стабілізуючу роль інтенсивних

схем передпосівної обробки насіння в роки з несприятливими погодними умовами.

Таблиця 4.4

Урожайність зерна гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника соняшнику, т/га

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	3,47	1,94	1,42
Вайбранс РФС (1 л/т)	3,74	2,08	1,50
Редіго (1 л/т)	3,69	2,06	1,52
Сферіко (1 л/т)	3,65	2,07	1,49
Авідо (1 л/т)	3,67	2,04	1,47
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	4,04	2,17	1,53
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т	3,85	2,10	1,50
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	4,20	2,26	1,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,19	2,26	1,56
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	4,18	2,25	1,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	4,16	2,24	1,57
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	4,08	2,22	1,58
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,06	2,19	1,60
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	4,05	2,20	1,56
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	4,02	2,19	1,55
$НІР_{05}$, т/га	0,13	0,11	0,09

Узагальнення трирічних даних у вигляді середніх показників за 2023–2025 роки дає змогу чітко простежити диференціацію врожайності залежно від попередника (фактор А) та варіантів передпосівної обробки (фактор В). У варіанті без обробки насіння середня врожайність після соняшнику становила 2,28 т/га, а після пшениці озимої – 2,53 т/га, тобто різниця досягала 0,25 т/га. За всіх варіантів передпосівної обробки насіння перевага посівів гороху після

пшениці озимої над соняшником зберігалася на рівні 0,22–0,25 т/га, що підтверджує роль попередника як чинника формування врожайності (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Урожайність зерна гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після різних попередників (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Варіант (фактор В)	Попередник (фактор А)	
	соняшник	пшениця озима
Без обробки (контроль)	2,28	2,53
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,44	2,68
Рediго (1 л/т)	2,42	2,66
Сферіко (1 л/т)	2,40	2,65
Авідо (1 л/т)	2,39	2,63
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,58	2,82
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	2,48	2,73
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,68	2,90
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рediго (1 л/т)	2,68	2,88
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко 1 л/т	2,67	2,89
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,66	2,87
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,63	2,85
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рediго (1 л/т)	2,61	2,84
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	2,60	2,83
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,59	2,81
$НІР_{05}$, т/га для фактора А		0,09–0,12
для фактора В		0,09–0,13
для взаємодії АВ		0,12–0,14

Застосування лише фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Рediго, Сферіко, Авідо) дозволяло підвищити середню врожайність до 2,39–2,44 т/га

після соняшнику та до 2,63–2,68 т/га після пшениці озимої. Використання інокулянта Ризолайн + біопротектора Ризосейв забезпечувало подальший приріст урожайності до 2,58 т/га (попередник соняшник) і 2,82 т/га (попередник пшениця озима). Максимальні показники врожайності одержано у варіантах комплексних схем Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС та Ризолайн + Ризосейв + Сферіко та становили 2,67–2,68 т/га після соняшнику і 2,89–2,90 т/га після пшениці озимої. Відмінності між контролем та наведеними варіантами були на рівні 0,40–0,42 т/га після соняшнику та 0,35–0,37 т/га після пшениці озимої, що суттєво перевищувало $НІР_{05}$ для факторів А і В (0,09–0,13 т/га) і свідчило про їх статистичну достовірність.

Розраховані $НІР_{05}$ для факторів А, В та їх взаємодії (АВ) у діапазоні 0,09–0,14 т/га підтверджують істотний вплив як попередників, так і схем передпосівної обробки насіння, а також їх поєднань на реалізацію врожайного потенціалу гороху сорту Мадонна.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що найвищу і найбільш стабільну врожайність зерна гороху забезпечує поєднання оптимального попередника (пшениця озима) з комплексною передпосівною обробкою насіння інокулянтом Ризолайн + біопротектор Ризосейв у комбінації з фунгіцидними протруйниками, що дозволяє максимально реалізувати потенціал сорту в контрастних за погодними умовами роках.

4.3. Показники якості зерна гороху посівного за різних поєднань попередників і схем передпосівної обробки насіння

Якість зерна гороху посівного визначається насамперед вмістом білка та жиру, які зумовлюють його кормову і харчову цінність, а також придатність для різних напрямів переробки. Формування цих показників є результатом поєднаної дії біологічних особливостей сорту, попередника, рівня забезпечення елементами живлення та водою, а також ефективності схем передпосівної обробки насіння [75, 132, 146]. У проведених дослідженнях оцінювали вміст

білка і жиру в зерні сорту Мадонна за різних попередників (пшениця озима, соняшник) і варіантів передпосівної обробки насіння фунгіцидними протруйниками та мікробіологічними препаратами.

За результатами трирічних спостережень встановлено, що після пшениці озимої вміст білка в зерні гороху варіював залежно від року та схеми передпосівної обробки насіння в межах від 22,5 до 24,2 % (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Вміст білка в зерні гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениця озима, %

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	22,5	22,8	23,1
Вайбранс РФС (1 л/т)	22,8	23,1	23,4
Редіго (1 л/т)	22,7	23,0	23,3
Сферіко (1 л/т)	22,7	23,0	23,3
Авідо (1 л/т)	22,6	22,9	23,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	23,0	23,3	23,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	22,9	23,2	23,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	23,3	23,6	24,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	23,2	23,5	23,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	23,3	23,6	23,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	23,2	23,5	23,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	23,1	23,4	23,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	23,1	23,4	23,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	23,0	23,3	23,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	23,0	23,3	23,6
$НІР_{05}$, %	0,3	0,3	0,4

У сприятливому за вологозабезпеченням 2023 році контрольний варіант без обробки забезпечував вміст білка на рівні 22,5 %, тоді як за використання фунгіцидних протруйників Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо показник підвищувався до 22,6–22,8 %. Застосування інокулянта Ризолайн у поєднанні з біопротектором Ризосейв сприяло зростанню вмісту білка до 23,0 %, а за комплексних схем із додаванням фунгіцидних протруйників – до 23,2–23,3 %, що свідчить про посилення азотфіксації та поліпшення азотного живлення рослин.

У більш посушливі 2024 і особливо 2025 роки спостерігалася тенденція до помірного зростання частки білка в зерні на фоні зниження врожайності. У контролі після пшениці озимої вміст білка зростав до 22,8 % у 2024 році і до 23,1 % у 2025 році, тоді як у найефективніших варіантах із поєднанням Ризолайн + Ризосейв + фунгіцидні протруйники цей показник досягав 23,9–24,2 %. Це узгоджується з відомими закономірностями концентраційного ефекту, коли за умов зниженого нагромадження сухої речовини в зерні зростає відносний вміст білкових сполук.

Після попередника соняшнику абсолютні значення вмісту білка були дещо нижчими, ніж після пшениці озимої, що пов’язано з більш напруженим водно-поживним режимом цієї ланки сівозміни (табл. 4.7.). У контролі без обробки насіння вміст білка становив 22,2 % у 2023 році, 22,5 % у 2024 році та 22,8 % у 2025 році. Застосування лише фунгіцидних протруйників забезпечувало зростання цього показника до 22,5–23,1 %, тоді як використання інокулянта Ризолайн у поєднанні з Ризосейв у складі комплексних схем дозволяло досягати 23,5–23,9 %. Хоча абсолютні значення вмісту білка після соняшнику були нижчими, загальна реакція сорту на варіанти передпосівної обробки була подібною до ланки пшениця озима – горох.

У цілому встановлено, що поєднання інокулянта Ризолайн і біопротектора Ризосейв із фунгіцидними протруйниками забезпечує максимальний вміст білка в зерні як після пшениці озимої, так і після соняшнику, тоді як застосування лише фунгіцидів або інших мікробіологічних препаратів дає проміжні результати.

Таблиця 4.7

Вміст білка в зерні гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника соняшника, %

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	22,2	22,5	22,8
Вайбранс РФС (1 л/т)	22,5	22,8	23,1
Редіго (1 л/т)	22,4	22,7	23,0
Сферіко (1 л/т)	22,4	22,7	23,0
Авідо (1 л/т)	22,3	22,6	22,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	22,7	23,0	23,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	22,6	22,9	23,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	23,0	23,3	23,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	22,9	23,2	23,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	23,0	23,3	23,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	22,9	23,2	23,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	22,8	23,1	23,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	22,8	23,1	23,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	22,7	23,0	23,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	22,7	23,0	23,3
$НІР_{05}$, %	0,2	0,3	0,3

Аналіз вмісту жиру в зерні гороху свідчить про дещо меншу варіабельність цього показника порівняно з білком, однак загальні закономірності впливу попередника та схем передпосівної обробки насіння залишалися подібними. Після пшениці озимої вміст жиру в зерні змінювався в межах 1,40–1,52 % залежно від року та варіанта обробки насіння (табл. 4.8.). У контролі цей показник становив 1,40 % у 2023 році, 1,42 % у 2024 році та 1,44 % у 2025 році. Використання фунгіцидних протруйників підвищувало вміст жиру до 1,42–1,47 %, а додавання інокулянта Ризолайн з Ризосейв у складі комплексних схем

сприяло зростанню до 1,48–1,52 %, що свідчить про поліпшення умов формування запасних речовин у насінні.

Таблиця 4.8

Вміст жиру в зерні гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениця озима, %

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	1,40	1,42	1,44
Вайбранс РФС (1 л/т)	1,42	1,44	1,46
Редіго (1 л/т)	1,42	1,44	1,46
Сферіко (1 л/т)	1,43	1,45	1,47
Авідо (1 л/т)	1,43	1,45	1,47
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	1,46	1,48	1,50
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	1,44	1,46	1,48
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,48	1,50	1,52
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,48	1,50	1,52
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,49	1,51	1,53
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,48	1,50	1,52
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,47	1,49	1,51
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,47	1,49	1,51
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,46	1,48	1,50
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,46	1,48	1,50
$НІР_{05}$, %	0,02	0,03	0,03

У ланці сівозміни соняшник – горох абсолютні значення вмісту жиру були дещо нижчими: у контрольному варіанті без обробки зерно містило 1,37–1,41 % жиру в різні роки, тоді як за застосування фунгіцидних протруйників цей показник зростав до 1,39–1,45 %, а за комплексних схем із Ризолайн і Ризосейв – до 1,44–1,49 % (табл. 4.9). Хоча різниця між попередниками за вмістом жиру була меншою, ніж за вмістом білка, вона все ж підтверджує певну перевагу пшениці озимої як кращого попередника з точки зору накопичення жиру.

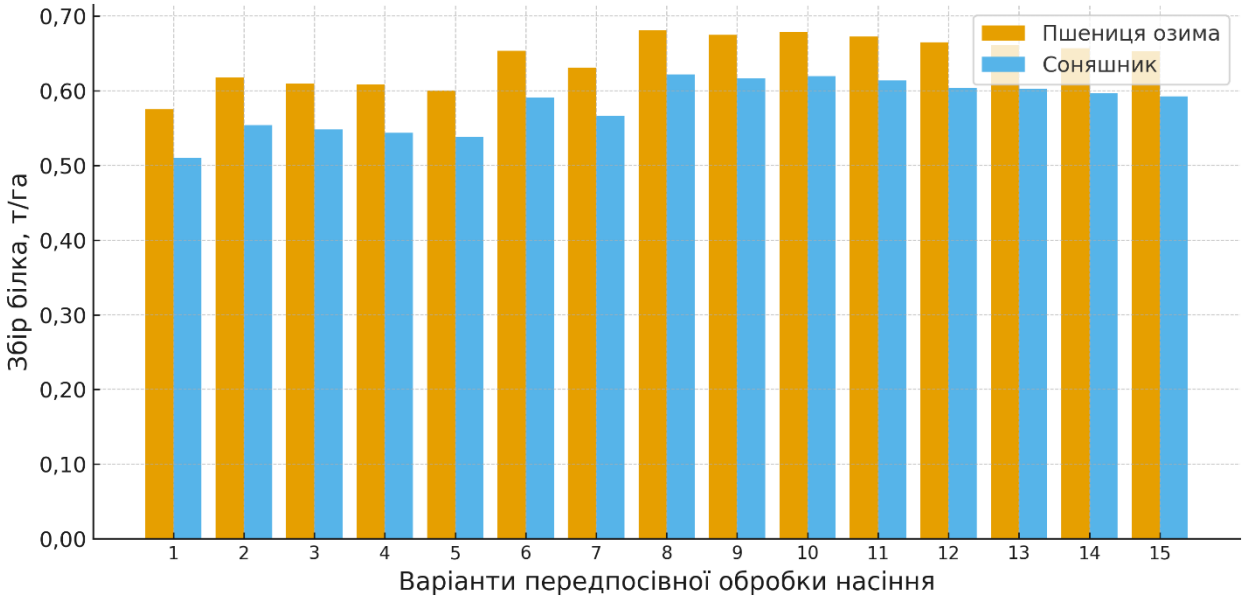
Таблиця 4.9

Вміст жиру в зерні гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника соняшник, %

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	1,37	1,39	1,41
Вайбранс РФС (1 л/т)	1,39	1,41	1,43
Редіго (1 л/т)	1,39	1,41	1,43
Сферіко (1 л/т)	1,40	1,42	1,44
Авідо (1 л/т)	1,40	1,42	1,44
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	1,43	1,45	1,47
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	1,41	1,43	1,45
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,45	1,47	1,49
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,45	1,47	1,49
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,46	1,48	1,50
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,45	1,47	1,49
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	1,44	1,46	1,48
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	1,44	1,46	1,48
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	1,43	1,45	1,47
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	1,43	1,45	1,47
$НІР_{05}$, %	0,02	0,02	0,03

Більш детальну диференціацію варіантів передпосівної обробки насіння за показниками збору білка демонструє рис. 4.1. З наведених даних видно, що в обох ланках сівозміни мінімальний збір білка з 1 га забезпечував контрольний варіант без обробки насіння. Застосування лише фунгіцидних протруйників зумовлювало помірне збільшення цього показника, тоді як поєднання інокулянта Ризолайн і біопротектора Ризосейв з фунгіцидними препаратами забезпечувало максимальний вихід білка з одиниці площі. Найвищі значення збору білка отримано у варіантах Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС та Ризолайн +

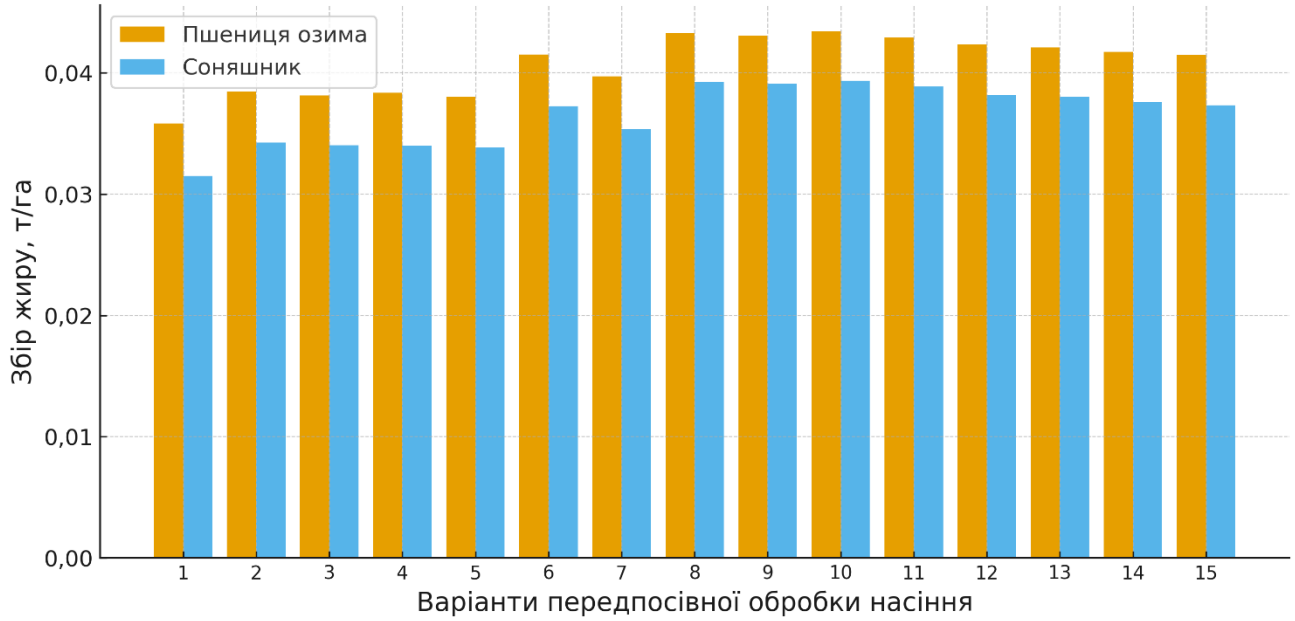
Ризосейв + Сферіко, причому після пшениці озимої вони істотно перевищували відповідні варіанти після соняшнику. Це підтверджує перевагу як інтенсивних схем передпосівної обробки насіння, так і використання пшениці озимої як більш сприятливого попередника для формування високобілкового врожаю гороху.



Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Редіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Редіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 4.1. Збір білка з 1 га посівів гороху сорту Мадонна залежно від попередника та варіантів передпосівної обробки насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Аналогічна закономірність простежується і щодо збору жиру з 1 га (рис. 4.2). У всіх варіантах обробки насіння посіви після пшениці озимої забезпечували вищий вихід жиру порівняно з посівами після соняшнику. Контрольні варіанти характеризувалися найменшими значеннями, тоді як використання інокулянта Ризолайн і Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками забезпечувало приріст збору жиру на 0,004–0,006 т/га залежно від попередника. Варіанти із застосуванням композиції Атува + Премакс мали проміжні показники, що свідчить про їх позитивний, але менш виражений вплив порівняно з найбільш інтенсивними схемами інокуляції.



Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС; 9 – Ризолайн + Ризосейв + Редіго; 10 – Ризолайн + Ризосейв + Сферіко; 11 – Ризолайн + Ризосейв + Авідо; 12 – Атува + Премакс + Вайбранс РФС; 13 – Атува + Премакс + Редіго; 14 – Атува + Премакс + Сферіко; 15 – Атува + Премакс + Авідо.

Рис. 4.2. Збір жиру з 1 га посівів гороху сорту Мадонна залежно від попередника та варіантів передпосівної обробки насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Отже, комплексний аналіз показників якості зерна гороху посівного і збору поживних речовин із 1 га підтверджує доцільність поєднання пшениці озимої як попередника з інтенсивними схемами передпосівної обробки насіння, що включають інокуляцію Ризолайн та застосування біопротектора Ризосейв з фунгіцидними протруйниками. Такі поєднання забезпечують підвищення вмісту білка і жиру в зерні, зростання збору цих компонентів з одиниці площі та формування більш стабільної якості продукції в контрастні за погодними умовами роки, порівняно з варіантами після соняшнику та схемами без використання мікробіологічних препаратів.

Висновки до розділу 4

Формування структурних елементів урожаю та рівень урожайності гороху сорту Мадонна істотно залежав від попередника і схем передпосівної обробки

насіння. Ланка пшениця озима – горох забезпечує більшу кількість бобів і зерен у бобі, масу 1000 зерен, масу зерна з рослини та перевагу врожайності в середньому на 0,22–0,25 т/га порівняно з ланкою соняшник – горох.

Схеми передпосівної обробки насіння істотно модифікують продуктивність посівів. Лише фунгіцидні протруйники забезпечують помірне, але достовірне покращення структурних показників і підвищення врожайності відносно контролю, тоді як максимальний ефект досягається за комплексної обробки насіння інокулянтом Ризолайн та біопротектором Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними препаратами.

Вміст білка та жиру в зерні гороху залежить як від попередника, так і від варіантів обробки насіння. Після пшениці озимої формувалися вищі показники білковості (до 24,2 %) та олійності (до 1,53 %), ніж після соняшнику. Найвищі значення цих показників одержано у варіантах застосування інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв + фунгіцидні протруйники, тоді як застосування лише фунгіцидів або інокулянту Атува + біопротектору Премакс забезпечили дещо нижчі результати.

Узагальнення отриманих результатів підтверджує, що поєднання оптимального попередника та інтенсивних схем передпосівної обробки насіння забезпечує не лише максимальну врожайність, а й найвищий збір білка та жиру з 1 га посівної площі. За середніми даними за 2023–2025 рр. різниця між контролем і найефективнішими варіантами (інокулянт Ризолайн + біопротектор Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками) за врожайністю становила після пшениці озимої – 0,35–0,37 т/га, після соняшнику – 0,38–0,40 т/га. У перерахунку на збір поживних речовин це відповідало приросту білка на 0,06–0,08 т/га та жиру на 0,004–0,006 т/га порівняно з контролем. У середньому по всіх варіантах обробки посіви гороху після пшениці озимої забезпечували близько 0,64 т/га білка і 0,041 т/га жиру порівняно з контролем 0,58 т/га білка і 0,037 т/га жиру після соняшнику, що підкреслює доцільність обраних технологічних рішень для підвищення продуктивності та якості зерна культури.

Найбільш раціональним елементом адаптивно-інтенсивної технології вирощування гороху в умовах Північного Степу України є поєднання пшениці озимої як попередника з комплексною передпосівною обробкою насіння інокулянтом Ризолайн та біопротектором Ризосейв з фунгіцидними протруйниками, що забезпечує одночасне підвищення врожайності, вмісту білка й жиру та їх збору з 1 га з посівної площі.

Основні наукові результати розділу 4 автором опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [40, 43].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНА ГОРОХУ ЗА РІЗНИХ СХЕМ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ

Економічна та енергетична оцінка технологій вирощування зерна гороху є важливим елементом комплексного аналізу ефективності агровиробництва. Вона дає змогу не лише порівняти різні схеми передпосівної обробки насіння та попередники, а й обґрунтувати доцільність їх впровадження у виробничих умовах. У центрі уваги знаходиться співвідношення між отриманою врожайністю, витратами ресурсів (матеріальних, енергетичних, трудових) та кінцевим економічним результатом, що особливо актуально в умовах зростання вартості енергоресурсів і необхідності підвищення конкурентоспроможності продукції рослинництва.

5.1. Економічна оцінка елементів технології вирощування зерна гороху

Економічна оцінка елементів технології вирощування зерна гороху є важливою передумовою обґрунтування доцільності їх впровадження у виробничих умовах. За сучасних умов зростання вартості матеріально-технічних ресурсів та енергоносіїв, вибір оптимальних варіантів передпосівної обробки насіння і попередників повинен базуватися не лише на показниках урожайності, а й на комплексному аналізі витрат і кінцевого економічного результату. Саме тому оцінка різних схем передпосівної обробки насіння гороху після пшениці озимої та соняшнику набуває практичного значення для підвищення конкурентоспроможності зерна цієї культури [17, 85, 135].

У межах проведених досліджень варіанти передпосівної обробки насіння розглядали як ключові елементи технології, що визначають рівень реалізації

врожайного потенціалу культури та ефективність використання ресурсів. Економічну оцінку здійснювали на основі системи показників, до яких належать валова вартість продукції, виробничі витрати, умовно чистий прибуток та рівень рентабельності. Такий підхід дає змогу всебічно охарактеризувати окупність додаткових витрат і виокремити найбільш економічно доцільні поєднання попередників і препаратів для передпосівної обробки насіння. Узагальнені результати економічних розрахунків за 2023–2025 рр. наведено в таблицях 5.1 та 5.2.

Як свідчать одержані в польових дослідах дані, після попередника пшениця озима врожайність гороху посівного змінювалась у межах 2,53–2,90 т/га (табл. 5.1). Контрольний варіант без передпосівної обробки насіння забезпечив урожайність 2,53 т/га, валову вартість продукції 27830 грн/га, умовно чистий прибуток 9018 грн/га та рівень рентабельності 47,9 %. Застосування лише фунгіцидних протруйників Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо сприяло підвищенню врожайності до 2,63–2,68 т/га та зростанню умовно чистого прибутку до 9866–10203 грн/га, що відповідало рівню рентабельності 51,8–52,9 %. Таким чином, навіть мінімальна фунгіцидна обробка насіння забезпечувала приріст рентабельності на 3,9–5,0 % порівняно з контролем.

Ще більш виражений економічний ефект відмічено за використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв. У варіанті без додаткових фунгіцидних протруйників урожайність зростала до 2,82 т/га, умовно чистий прибуток – 11679 грн/га, а рівень рентабельності – 60,4 %. Це свідчить про високу окупність витрат на біологічну передпосівну обробку насіння, яка забезпечує не лише приріст урожайності, а й істотне зростання економічної віддачі одиниці вкладених ресурсів.

Найвищі показники економічної ефективності одержано у варіантах комбінованого використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв із фунгіцидними протруйниками. За схем Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т), Редіго (1 л/т), Сферіко (1 л/т) та Авідо (1 л/т) врожайність

зерна гороху становила 2,87–2,90 т/га, а умовно чистий прибуток – 11951–12176 грн/га.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування зерна гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениці озимої (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіанти досліду	Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Без обробки (контроль)	2,53	27830	18812	9018	47,9
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,68	29480	19277	10203	52,9
Редіго (1 л/т)	2,66	29260	19200	10060	52,4
Сферіко (1 л/т)	2,65	29150	19085	10065	52,7
Авідо (1 л/т)	2,63	28930	19064	9866	51,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,82	31020	19341	11679	60,4
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т	2,73	30030	19843	10187	51,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,90	31900	19806	12094	61,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,88	31680	19729	11951	60,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	2,89	31790	19614	12176	62,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,87	31570	19593	11977	61,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,85	31350	20308	11042	54,4
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,84	31240	20231	11009	54,4
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	2,83	31130	20117	11013	54,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,81	30910	20095	10815	53,8

Максимальний рівень рентабельності виробництва – 62,1 % було відмічено у варіанті Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т), що на 14,2 % перевищувало контроль без обробки. Отже, поєднання бактеріальних інокулянтів із фунгіцидними протруйниками забезпечувало як найвищу врожайність (до 2,90 т/га), так і максимальну прибутковість виробництва зерна гороху після пшениці озимої.

Варіанти з використанням композиції інокулянту Атува + біопротектору Премакс, як окремо, так і в поєднанні з фунгіцидними протруйниками, також сприяли підвищенню врожайності до 2,73–2,85 т/га. Однак через вищі виробничі витрати (19843–20308 грн/га) рівень рентабельності за цих варіантів був дещо нижчим і становив 51,3–54,7 %. Таким чином, за умов сівби гороху після попередника пшениці озимої найбільш економічно доцільним виявилось використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками, що забезпечило оптимальне співвідношення між додатковими витратами та приростом виходу умовно чистого прибутку.

Після попередника соняшника загальний рівень економічної віддачі технологій вирощування гороху був помітно нижчим (табл. 5.2). У цьому варіанті сівозміни врожайність змінювалась у межах 2,28–2,68 т/га, валова вартість продукції – 25080–29480 грн/га, а умовно чистий прибуток – 6268–9756 грн/га.

Контрольний варіант без передпосівної обробки насіння забезпечив урожайність 2,28 т/га, умовно чистий прибуток 6268 грн/га та рентабельність 33,3 %, що істотно поступалося аналогічному варіанту після пшениці озимої.

Застосування лише фунгіцидних протруйників у посівах після соняшнику (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) забезпечило зростання врожайності до 2,39–2,44 т/га і підвищення умовно чистого прибутку до 7226–7563 грн/га. При цьому рівень рентабельності становив 37,9–39,2 %, тобто був вищим за контроль на 4,6–5,9 %, але нижчим за відповідні варіанти після пшениці озимої. Використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв у посівах після

соняшнику сприяло подальшому зростанню врожайності до 2,58 т/га, а умовно чистого прибутку – 9039 грн/га, що відповідало рівню рентабельності 46,7 %.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність вирощування зерна гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника соняшнику (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіанти досліду	Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Без обробки (контроль)	2,28	25080	18812	6268	33,3
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,44	26840	19277	7563	39,2
Рediго (1 л/т)	2,42	26620	19200	7420	38,6
Сферіко (1 л/т)	2,40	26400	19085	7315	38,3
Авідо (1 л/т)	2,39	26290	19064	7226	37,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,58	28380	19341	9039	46,7
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т	2,48	27280	19843	7437	37,5
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,68	29480	19806	9674	48,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рediго (1 л/т)	2,68	29480	19729	9751	49,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	2,67	29370	19614	9756	49,7
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,66	29260	19593	9667	49,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,63	28930	20308	8622	42,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рediго (1 л/т)	2,61	28710	20231	8479	41,9
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	2,60	28600	20117	8483	42,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,59	28490	20095	8395	41,8

Найкращі економічні показники після соняшнику, як і у варіантах після пшениці озимої, забезпечували комбінації інокулянтів із фунгіцидними протруйниками. У варіантах Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо урожайність підвищувалась до 2,66–2,68 т/га, умовно чистий прибуток – 9667–9756 грн/га, а рівень рентабельності становив 48,8–49,7 %. Максимальні економічні показники одержано у варіанті застосування інокулянту Ризолайн (3 л/т) + біопротектору Ризосейв (1 л/т) + фунгіцидного протруйника Сферіко (1 л/т), де умовно чистий прибуток досягав 9756 грн/га, а рентабельність – 49,7 %.

Порівняльний аналіз варіантів, ідентичних за схемою передпосівної обробки насіння, але різних за попередником, підтверджує стабільну перевагу пшениці озимої як попередника. Так, у контрольному варіанті без обробки різниця врожайності між попередниками становила 0,25 т/га, умовно чистого прибутку – 2750 грн/га, а рентабельності – 14,6 % з перевагою пшениці озимої. Аналогічна тенденція простежується і для варіантів із застосуванням фунгіцидного протруйника Вайбранс РФС, інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв та їх комбінацій з фунгіцидами, де перевага посівів після пшениці озимої за рентабельністю становила в середньому 12–14 % і понад 2,4–2,7 тис. грн/га умовно чистого прибутку.

Отже, результати економічної оцінки свідчать, що поєднання ефективних попередників (насамперед пшениці озимої) з біологічною та хімічною передпосівною обробкою насіння гороху дає змогу істотно підвищити прибутковість виробництва. Найбільш доцільними з економічної точки зору є варіанти із застосуванням інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв у комбінації з фунгіцидними протруйниками (особливо Сферіко), які забезпечують максимальний приріст врожайності, умовно чистого прибутку та рівня рентабельності як після пшениці озимої, так і після соняшнику, хоча абсолютні значення показників у другому випадку є нижчими.

5.2. Енергетична ефективність елементів технології вирощування зерна гороху

У системі оцінювання ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур поряд з економічними показниками важливе місце посідає біоенергетичний аналіз. На відміну від економічних показників, що істотно залежать від коливань ринкових цін та кон'юнктури, енергетичні параметри відображають внутрішній стан агроценозу, структуру витрат енергії та рівень її акумуляції в урожаї. Енергетична оцінка дає можливість об'єктивно простежити, наскільки раціонально використовуються паливно-мастильні матеріали, засоби захисту рослин, протруйники, інокулянти та інші ресурси в технології вирощування гороху за різних попередників і схем передпосівної обробки насіння [14, 69, 86, 133].

Для комплексної характеристики енергетичної результативності елементів технології використано такі показники, як витрати сукупної енергії на 1 га, валовий вихід енергії в зерні, енергоємність 1 т продукції та коефіцієнт енергетичної ефективності. Їх аналіз дозволяє оцінити, наскільки приріст урожайності та валової енергії компенсує додаткові витрати, пов'язані з біологічною та хімічною передпосівною обробкою насіння. Узагальнені результати біоенергетичних розрахунків при вирощуванні гороху після пшениці озимої та соняшнику наведено у таблицях 5.3 і 5.4.

Як показують дані таблиці 5.3, після попередника пшениця озима витрати сукупної енергії на вирощування гороху були відносно стабільними й коливалися в межах 16,40–16,83 ГДж/га залежно від варіанта передпосівної обробки насіння. Це пояснюється тим, що технологічний комплекс основних операцій залишався незмінним, а додаткові витрати енергії були пов'язані переважно з використанням препаратів для протруювання та інокуляції насіння. Натомість валова енергія, акумульована в зерні, істотно варіювала – від 38,10 до 43,67 ГДж/га, що головним чином зумовлювалося рівнем урожайності (2,53–2,90 т/га).

Таблиця 5.3

Біоенергетична ефективність вирощування зерна гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениця озима (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Витрати сукупної енергії, ГДж/га	Одержано валової енергії в зерні, ГДж/га	Енергоємність 1 т зерна, МДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Без обробки (контроль)	2,53	16,40	38,10	6482	2,32
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,68	16,56	40,36	6179	2,44
Редіго (1 л/т)	2,66	16,54	40,06	6218	2,42
Сферіко (1 л/т)	2,65	16,53	39,91	6238	2,41
Авідо (1 л/т)	2,63	16,51	39,61	6278	2,40
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,82	16,74	42,47	5936	2,54
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т	2,73	16,63	41,11	6092	2,47
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,90	16,83	43,67	5803	2,59
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,88	16,82	43,37	5840	2,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	2,89	16,82	43,52	5820	2,59
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,87	16,81	43,22	5857	2,57
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,85	16,76	42,92	5881	2,56
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,84	16,75	42,77	5898	2,55
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	2,83	16,74	42,62	5915	2,55
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,81	16,73	42,32	5954	2,53

У контролі без обробки насіння сукупні енерговитрати становили 16,40 ГДж/га, валовий вихід енергії – 38,10 ГДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,32, а енергоємність 1 т зерна досягала 6482 МДж. Застосування лише фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) сприяло підвищенню врожайності до 2,63–2,68 т/га, збільшенню валової енергії

в зерні до 39,61–40,36 ГДж/га та одночасному зниженню енергоємності 1 т продукції до 6179–6278 МДж. Коефіцієнт енергетичної ефективності за цих варіантів збільшився до 2,40–2,44, що свідчить про високу окупність витрачених енергоресурсів.

Використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв забезпечувало подальше зростання енергетичної віддачі технології. За цього варіанта витрати сукупної енергії становили 16,74 ГДж/га, тоді як валова енергія в зерні досягала 42,47 ГДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності зростав до 2,54, а енергоємність 1 т зерна зменшувалася до 5936 МДж, що вказує на більш раціональне використання енергії за рахунок підвищення урожайності.

Найвищі показники енергетичної ефективності сформувалися у варіантах комбінованого застосування інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв з фунгіцидними протруйниками. Так, при схемах Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко та Авідо валовий вихід енергії в зерні становив 43,22–43,67 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,57–2,59. Мінімальну енергоємність 1 т зерна (5803–5820 МДж) зафіксовано у варіантах Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС та Ризолайн + Ризосейв + Сферіко, що поєднували відносно невисокі додаткові енерговитрати з максимальним рівнем урожайності (2,89–2,90 т/га). Отже, саме ці комбінації забезпечували найкраще співвідношення між вкладеною та акумульованою в урожаї енергії. Варіанти з використанням інокулянту Атува + біопротектору Премакс у поєднанні з фунгіцидними протруйниками (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) також характеризувалися підвищеним рівнем валової енергії в зерні (42,32–42,92 ГДж/га) та коефіцієнта енергетичної ефективності (2,53–2,56) порівняно з контролем. Проте за цих схем енергоємність 1 т зерна (5881–5954 МДж) була дещо вищою, ніж у найефективніших варіантах з інокулянтом Ризолайн + біопротектором Ризосейв, що свідчить про дещо меншу енергетичну цінність одиниці продукції.

Після попередника соняшник енергетичні показники технологій вирощування гороху мали подібну до попереднього варіанта тенденцію, проте

загальний рівень енергетичної віддачі був нижчим (табл. 5.4). Витрати сукупної енергії за всіма варіантами передпосівної обробки насіння змінювалися в незначному діапазоні від 16,32 до 16,78 ГДж/га, тоді як валовий вихід енергії в зерні становив 34,34–40,36 ГДж/га, що відображає більш низьку врожайність культури (2,28–2,68 т/га).

Таблиця 5.4

Біоенергетична ефективність вирощування зерна гороху залежно від схеми передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника соняшника (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Витрати сукупної енергії, ГДж/га	Одержано валової енергії в насінні, ГДж/га	Енергоємність 1 т зерна, МДж	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Без обробки (контроль)	2,28	16,32	34,34	7158	2,10
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,44	16,49	36,75	6758	2,23
Редіго (1 л/т)	2,42	16,47	36,45	6806	2,21
Сферіко (1 л/т)	2,40	16,45	36,14	6854	2,20
Авідо (1 л/т)	2,39	16,44	35,99	6879	2,19
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,58	16,67	38,85	6461	2,33
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т	2,48	16,55	37,35	6673	2,26
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,68	16,78	40,36	6261	2,41
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,68	16,78	40,36	6261	2,41
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	2,67	16,78	40,21	6285	2,40
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,66	16,77	40,06	6305	2,39
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,63	16,71	39,61	6354	2,37
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,61	16,70	39,31	6398	2,35
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	2,60	16,68	39,16	6415	2,35
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,59	16,67	39,01	6436	2,34

У контролі без обробки насіння після соняшнику коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,10, валова енергія – 34,34 ГДж/га, а енергоємність 1 т зерна досягала 7158 МДж, що істотно гірше порівняно з відповідним варіантом після пшениці озимої. Застосування фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Рediго, Сферіко, Авідо) дозволило підвищити сумарну енергію зерна до 35,99–36,75 ГДж/га, знизити енергоємність 1 т до 6758–6879 МДж та збільшити коефіцієнт енергетичної ефективності до 2,19–2,23.

Більш виражений позитивний ефект спостерігався за використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв. У цьому варіанті валовий вихід енергії в насінні гороху становив 38,85 ГДж/га при витратах сукупної енергії 16,67 ГДж/га, що забезпечило зростання коефіцієнта енергетичної ефективності до 2,33 та зниження енергоємності 1 т зерна до 6461 МДж.

Найвищі значення енергетичних показників після попередника соняшника, як і після пшениці озимої, отримано у варіантах комбінованого використання інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв з фунгіцидними протруйниками. Для схем Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС та Ризолайн + Ризосейв + Рediго валовий вихід енергії в зерні становив 40,36 ГДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,41, а енергоємність 1 т зерна – 6261 МДж. Дещо нижчі, але також високі значення одержано у варіантах з Сферіко та Авідо (коефіцієнт енергетичної ефективності 2,39–2,40, енергоємність 1 т – 6285–6305 МДж). Це свідчить про те, що поєднання інокулянтів із фунгіцидною обробкою насіння забезпечує максимальну окупність витрат енергії навіть за менш сприятливого попередника.

Варіанти з композицією інокулянту Атува + біопротектору Премакс у комбінації з фунгіцидними препаратами також покращували енергетичні показники порівняно з контролем, однак коефіцієнт енергетичної ефективності за цих схем був дещо нижчим (2,34–2,37), а енергоємність 1 т зерна – вищою (6354–6436 МДж), ніж у найефективніших варіантах з використанням інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв.

Порівняння енергетичних параметрів за однакових схем передпосівної обробки насіння після різних попередників підтверджує перевагу пшениці озимої над соняшником як фітосанітарного та енергоресурсного компонента сівозміни. За всіх варіантів досліду коефіцієнт енергетичної ефективності після пшениці озимої був вищим, а енергоємність 1 т зерна – нижчою, ніж після соняшнику, що відображає більш сприятливий водний та поживний режими та кращі умови для реалізації біологічного потенціалу гороху.

Таким чином, біоенергетична оцінка підтверджує, що найбільш раціональним з точки зору використання енергоресурсів є поєднання ефективного попередника (пшениця озима) з комплексною передпосівною обробкою насіння гороху інокулянтом Ризолайн + біопротектором Ризосейв та фунгіцидними протруйниками (насамперед Вайбранс РФС і Сферіко). Такі технологічні рішення забезпечують не лише максимальний вихід валової енергії в зерні, а й мінімальну енергоємність одиниці продукції та високі значення коефіцієнта енергетичної ефективності, що є важливою передумовою формування ресурсозберігаючих і конкурентоспроможних агротехнологій вирощування гороху посівного.

Висновки до розділу 5

В економічному аспекті вирішальне значення для ефективності вирощування гороху має поєднання попередника та системи передпосівної обробки насіння. Аналіз отриманих результатів показав, що умовно чистий прибуток при вирощуванні гороху після пшениці озимої змінювався від 9018 до 12176 грн/га при рівні рентабельності 47,9–62,1 %, тоді як після соняшнику – від 6268 до 9756 грн/га при рентабельності 33,3–49,7 %. Це свідчить про стабільну перевагу пшениці озимої як попередника за економічною віддачею посівів гороху.

Застосування лише фунгіцидних протруйників (Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо) забезпечувало помітне підвищення врожайності та

прибутковості порівняно з контролем: рентабельність зростала до 51,8–52,9 % після пшениці озимої та до 37,9–39,2 % після соняшнику. Найбільший економічний ефект одержано за використання комплексу інокулянту Ризолайн + біопротектору Ризосейв, особливо в комбінації з фунгіцидними протруйниками. За схемою Ризолайн + Ризосейв + Сферіко після пшениці озимої умовно чистий прибуток досягав 12176 грн/га, а рівень рентабельності – 62,1 %, що на 14,2 % перевищувало контроль без обробки.

Варіанти з використанням композиції інокулянту Атува + біопротектору Премакс, як окремо, так і в поєднанні з фунгіцидними протруйниками, також забезпечували зростання врожайності та валової вартості продукції. Проте через вищі виробничі витрати рівень рентабельності за цих схем був дещо нижчим (51,3–54,7 % після пшениці озимої та 37,5–42,5 % після соняшнику), що свідчить про нижчу економічну ефективність порівняно з варіантами, де застосовували Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з фунгіцидами.

Енергетичний аналіз підтвердив, що основним чинником підвищення біоенергетичної ефективності технологій вирощування гороху є приріст урожайності за відносно стабільних витрат сукупної енергії. Після пшениці озимої коефіцієнт енергетичної ефективності зростав від 2,32 у контролі до 2,59 у схемах Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС та Ризолайн + Ризосейв + Сферіко, тоді як енергоємність 1 т зерна зменшувалась з 6482 до 5803 МДж. Після попередника соняшника ці показники були дещо нижчими (2,10–2,41 та 7158–6261 МДж, відповідно), що ще раз підкреслює перевагу пшениці озимої як ефективного попередника.

Узагальнення результатів свідчить, що найвищу економічну та енергетичну ефективність забезпечує поєднання пшениці озимої як попередника з комплексною передпосівною обробкою насіння гороху інокулянтом Ризолайн + біопротектором Ризосейв у комбінації з фунгіцидними протруйниками (насамперед Сферіко та Вайбранс РФС). Такі технологічні рішення забезпечують максимальний приріст умовно чистого прибутку, високий рівень рентабельності, зниження енергоємності одиниці продукції та зростання коефіцієнта

енергетичної ефективності, що є основою для формування ресурсозберігаючих та конкурентоспроможних систем вирощування гороху посівного.

Основні наукові результати розділу 5 автором опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [38, 42].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та узагальнено результати власних експериментальних досліджень 2023–2025 рр., проведених у Північному Степу України, щодо удосконалення технології вирощування гороху шляхом оптимізації поєднання попередника та передпосівної обробки насіння (фунгіцидні протруйники, інокулянти та їх комбінації) за умов недостатнього вологозабезпечення. Встановлено вплив досліджуваних факторів на формування посівів, особливості вегетації, зернову продуктивність і показники економічної та біоенергетичної ефективності, що дало методологічні підстави сформулювати наведені висновки.

1. Посівні якості насіння гороху після проведення його передпосівної обробки мали свої особливості прояву схожості залежно від методу оцінки. Лабораторна схожість за ДСТУ у варіантах із застосуванням фунгіцидних протруйників знижувалася з 94,2 % у контролі до 89,8 %, в той час як інокуляційні схеми забезпечували її підвищення до 97,3 %. За cold-test, що моделює польові стресові умови для проростання насіння, схожість зростала з 84,1 % у контролі до 93,5 % з використанням інокулянту Ризолайн (3 л/т) + біопротектору Ризосейв (1 л/т) + фунгіцидного протруйника Вайбранс РФС (1 л/т).

2. Польова схожість стабільно підвищувалася під впливом передпосівної обробки насіння, при цьому найвищу ефективність забезпечували схеми з біологічними компонентами. Після пшениці озимої показник зростав з 80,3 % до 89,3 %, після соняшнику з 74,1 % до 85,2 %, що підтверджує вищу технологічну доцільність обробки насіння на менш сприятливому агрофоні.

3. Збереженість рослин упродовж вегетації суттєво зростала за поєднання інокуляції з протруюванням і була ключовою ознакою адаптивності посівів до посушливих умов. Після пшениці озимої виживання рослин гороху підвищувалося з 83,7 % до 93,1 % із приростом передзбиральної густоти до 108 шт./м² порівняно з 87 шт./м² у контролі, після соняшнику з 80,2 % до 91,9 % з

одночасним підвищенням густоти стояння до 102 шт./м² порівняно з 77 шт./м² у контролі.

4. Фенологічний розвиток і тривалість вегетації рослин гороху визначалися попередником та схемою передпосівної обробки насіння. На контрольному варіанті без обробки насіння вегетація рослин гороху була тривалішою після пшениці озимої 88 діб порівняно з попередником соняшником 86 діб, інокуляційні та комбіновані схеми подовжували вегетаційний період до 92–95 діб після пшениці та до 89–93 діб після соняшнику.

5. Морфологічні показники росту підтвердили перевагу попередника пшениця озима та синергію інокуляції з фунгіцидним захистом. Висота рослин підвищувалася після пшениці озимої з 65,1 до 68,1 см, після соняшнику з 61,9 до 65,5 см, висота прикріплення нижнього бобу зростала на 0,7–1,1 см, що зменшує потенційні втрати під час комбайнового збирання.

6. Формування листкової поверхні гороху та інтегральна фотосинтетична продуктивність посівів посилювалися в результаті проведення передпосівної інокуляції насіння, особливо у комбінаціях з протруйниками. Максимального значення площа листкової поверхні рослин гороху досягала у фазу цвітіння – 40,5 тис. м²/га після пшениці озимої та 37,4 тис. м²/га після соняшнику, що супроводжувалося зростанням фотосинтетичного потенціалу до 1,97 млн м²·діб/га та 1,75 млн м²·діб/га, відповідно. При цьому чиста продуктивність фотосинтезу мала тенденцію до зниження як закономірний наслідок збільшення площі листкової поверхні.

7. Симбіотична активність найбільшою мірою визначалася інокуляцією насіння та її поєднанням з фунгіцидними протруйниками. У фазу цвітіння кількість бульбочок після пшениці озимої зростала з 19,3 шт./рослину (загальних) і 17,5 шт./рослину (активних) до 28,3 шт./рослину (загальних) і 25,4 шт./рослину (активних), після соняшнику з 18,0 шт./рослину (загальних) і 16,1 шт./рослину (активних) до 26,8 шт./рослину (загальних) і 23,7 шт./рослину (активних), що узгоджувалося з підвищенням інтегральних показників симбіозу

та приростом симбіотично фіксованого азоту з 31,0 кг/га до 62,3 кг/га після пшениці озимої і з 25,9 кг/га до 55,8 кг/га після соняшнику.

8. Встановлено, що базовий поживний режим ґрунту під посівами гороху формувався попередником, тому після пшениці озимої вміст доступних форм NPK був вищим, ніж після соняшнику. Це проявлялося вже у фазі 4–6 листків, коли в контролі $N–NO_3$ становив 18,0 мг/кг порівняно з 14,8 мг/кг, P_2O_5 дорівнював 112 мг/кг порівняно з 98 мг/кг, а K_2O становив 145 мг/кг порівняно з 128 мг/кг. Надалі впродовж вегетації забезпеченість рухомими сполуками закономірно знижувалася до повної стиглості, що відображало винесення елементів живлення посівом. Водночас передпосівна обробка насіння стабільно підтримувала вищий рівень доступних форм азоту, фосфору й калію за обома попередниками, причому найефективнішою була комплексна схема Ризолайн + Ризосейв у поєднанні з Вайбранс РФС, яка забезпечувала максимальні значення $N–NO_3$ на початку вегетації 22,8 мг/кг та 19,8 мг/кг і зберігала перевагу до фази повної стиглості 14,0 мг/кг та 12,2 мг/кг відповідно, а також формувала найвищі рівні P_2O_5 і K_2O порівняно з контролем.

9. Урожайність гороху сорту Мадонна та її структурні елементи істотно визначалися попередником, причому ланка сівозміни пшениця озима – горох забезпечувала кращу реалізацію продуктивності (кількість бобів і зерен у бобі, маса 1000 зерен і маса зерна з рослини) та формувала перевагу врожайності в середньому на 0,22–0,25 т/га порівняно з ланкою сівозміни соняшник – горох. Водночас після пшениці озимої одержали вищу якість зерна, при цьому показники вмісту білка досягали 24,2 %, а вміст жиру 1,53 %.

10. Передпосівна обробка насіння істотно модифікувала продуктивність і якість зерна, причому фунгіцидні протруйники забезпечували лише помірне, але достовірне підвищення показників відносно контролю, тоді як максимальний ефект досягався за комплексної схеми інокулянт Ризолайн + біопротектор Ризосейв у поєднанні з фунгіцидними протруйниками. За 2023–2025 рр. приріст врожайності зерна гороху між контролем і найефективнішими варіантами становив 0,35–0,37 т/га після пшениці озимої та 0,38–0,40 т/га після соняшнику,

що відповідало збільшенню збору білка на 0,06–0,08 т/га і жиру на 0,004–0,006 т/га. У середньому по дослідних варіантах після пшениці озимої одержували близько 0,64 т/га білка і 0,041 т/га жиру, підтверджуючи раціональність поєднання оптимального попередника з інтенсивною комплексною передпосівною обробкою насіння.

11. Економічна ефективність вирощування гороху визначалася поєднанням попередника та схеми передпосівної обробки насіння. Після пшениці озимої умовно чистий прибуток становив 9018–12176 грн/га за рентабельності 47,9–62,1 %, тоді як після соняшнику 6268–9756 грн/га і 33,3–49,7 %, відповідно. Фунгіцидні протруйники підвищували рентабельність до 51,8–52,9 % і 37,9–39,2 %, відповідно до попередника, при цьому максимальні економічні показники забезпечила схема Ризолайн + Ризосейв + Сферіко. Після пшениці озимої умовно чистий прибуток становив 12176 грн/га і рентабельність – 62,1 %, що на 14,2 % вище контролю. Технологічна схема Атува + Премакс були економічно непереконливими через вищі витрати, їх рентабельність становила 51,3–54,7 % після пшениці та 37,5–42,5 % після соняшнику.

12. Найкращі біоенергетичні показники також формувалися після пшениці озимої, особливо за схем передпосівної обробки насіння Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС або Сферіко. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності зростав з 2,32 (контроль) до 2,59, а енергоємність 1 т зерна знижувалась з 6482 до 5803 МДж. Після соняшнику біоенергетичні показники поступалися такому попереднику як пшениця озима і становили 2,10–2,41 та 7158–6261 МДж, відповідно.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Північного Степу України при вирощуванні гороху для підвищення зернової продуктивності та економічної і біоенергетичної ефективності господарствам різних форм власності рекомендується:

– розміщувати горох переважно після пшениці озимої, за попередника соняшнику обов’язково застосовувати інтенсивні схеми передпосівної обробки насіння (інокулянт+біопротектор+фунгіцидний протруйник);

– як основний технологічний прийом передпосівної підготовки насіння застосовувати комплекс препаратів – інокулянт Ризолайн в нормі 3 л/т + біопротектор Ризосейв в нормі 1 л/т у поєднанні з фунгіцидним протруйником в нормі 1 л/т, пріоритетно Вайбранс РФС або Сферіко;

– за несприятливої фітосанітарної ситуації, як мінімально допустимий варіант застосовувати лише фунгіцидні протруйники в нормі 1 л/т такі, як Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко або Авідо;

– для господарств, які орієнтуються на отримання органічної продукції рослинництва доцільно застосовувати передпосівну обробку насіння гороху інокулянтом Ризолайн в нормі 3 л/т + біопротектор Ризосейв в нормі 1 л/т або інокулянтом Атува в нормі 2 л/т + біопротектор Премакс в нормі 0,5 л/т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко Т. І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ, 2014. 18 с.

2. Алєксєєв О. О. Механізм відтворення і збереження ґрунтів у системі органічного землеробства. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 184–197. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-16

3. Андрушко М. О. Оптимізація елементів технології вирощування гороху посівного в умовах Західного Лісостепу : дис. … д-ра філософії : 201 – Агрономія / Подільський державний аграрно-технічний університет. Кам'янець-Подільський, 2020. 196 с.

4. Андрушко М. Урожайність сортів гороху залежно від елементів системи удобрення та норм висіву насіння. *Вісник Львівського НАУ.* 2020. №. 4. С. 82–88. https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.082

5. Артеменко С. Зміни кліматичних умов і заходи вирішення проблеми. *Пропозиція.* 2020. № 4. С. 32–34.

6. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Зернові бобові культури у вирішенні глобальної продовольчої проблеми. *Збірник наукових праць Селекційногенетичного інституту - національного центру насінництва і селекції.* 2010. Вип. 15(55). С.153–166.

7. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамень Ф.Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки.* 1996. №2. С. 34-39.

8. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал.* 2021. № 2 (114). С. 3–11.

9. Бахмат М. І., Небаба К. С. Структурні елементи врожаю гороху посівного залежно від удобрення та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія.* 2018. №. 294. С. 24–31.

10. Бахмат М. І., Плахтій Д. П., Небаба К. С. Формування симбіотичного апарату гороху посівного залежно від удобрення мінеральними добривами та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. *Рослинництво та ґрунтознавство: науковий журнал НУБІП.* Вип. 11, №3. Київ, 2020. С. 33–43. hhps://doi.org/10.31548/agr2020.03.033

11. Безуглий І. М., Василенко А. О. Динаміка росту та стійкість до вилягання в онтогенезі детермінантних сортів гороху. *Селекція і насінництво.* Харків. 2001. Вип. 85. С. 115–121.

12. Березовська-Бригас В. В., Власова О. Г. Технологія застосування біопрепаратів проти фітофагів та збудників хвороб на посівах гороху. *Карантин і захист рослин.* 2018. №1–2. С.5–8.

13. Бойко В. І., Лебідь Є. М., Рибка В. С. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології виробництва): [монографія] К. : ННЦ ІАЕ УААН. Київ, 2008. 400 с.

14. Браженко І. П., Райко О. П., Удовенко К. П. Біоенергетична оцінка польових культур. *Вісник аграрної науки*. Київ, 1996. № 10. С. 22–27.

15. Бурикіна С. І., Сергєєв Л. А. Мінеральні добрива як фактор підвищення урожайності гороху підзимової сівби. *Аграрні інновації.* 2023. №. 19. С. 12–18. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.2

16. Вірченко В. В., Онищенко С. О. Дослідження продуктивності сортів гороху в умовах дослідного поля ДВНЗ «ХДАУ». *Перспектива : збірник наукових праць*. 2018. Вип. 31. С. 14–16.

17. Вожегова Р. А., Сорокунський С. С. Економічна та енергетична ефективність вирощування насіння гороху посівного залежно від сортового складу, інокулянтів та захисту рослин. *Аграрні інновації.* 2021. №. 7. С. 99–104. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.17

18. Вознюк С. В., Титова Л. В., Ляска С. І., Іутинська Г. О. Вплив фунгіцидів та комплексного інокулянту ековітал на ризосферний мікробіоценоз, стійкість до захворювань та продуктивність сої. *Мікробіологічний журнал.* 2015. 77. № 4. С. 8–14.

19. Воробей Н. А., Коць С. Я. Стратегія добору бульбочкових бактерій Bradyrhizobium japonicum за поліпшеним симбіотичним фенотипом. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. № 4. С. 344–357.

20. Врадій О. І. Біологічні препарати, як чинник посилення мікробіологічної діяльності агрофітоценозу бобових культур. *Сільське господарство та лісівництво.* 2017. № 7 (1). С. 178–187.

21. Вуйко О. М. Вплив мікродобрив та біопрепаратів на формування врожайності гороху посівного. *Аграрні інновації*. 2022. №. 11. С. 16–24. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.2

22. Вуйко О. М. Симбіотична активність гороху посівного залежно від сортового складу та передпосівної обробки. *Аграрні інновації.* 2023. № 22. С. 20–24. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.3

23. Гадзало Я. М., Ібатуллін І. І., Лузан Ю. Я. Інституціональне забезпечення функціонування продовольчої системи України в сучасних кризових умовах. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2022. № 8. С. 5–15. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-01

24. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Поліпшення грунтової родючості шляхом вирощування бобових культур. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2024. 2 (56). С. 17–23.

25. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Сумарне водоспоживання гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. № 25. 2024. С. 7–14. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.1

26. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 228–233. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33

27. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування. Аграрні інновації. 2024. № 26. С. 15–21.

28. Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність гороху в умовах лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2015. №. 9. С. 19–23.

29. Гангур В. В. Урожайність і якість зерна гороху залежно від попередників та насиченості різноротаційних сівозмін в умовах лівобережного лісостепу україни. *Зернові культури*. 2017. Том 1. №1. С. 129–133.

30. Гирка А. Д., Сидоренко Ю. Я., Бочевар О. В., Іщенко В. А. Ефективність добрив, норм висіву та інокуляції насіння у підвищенні зернової продуктивності гороху вусатого морфотипу в північному Степу. *Науково-виробничий збірник Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області.* Харків. 2013. Вип.14. С. 37–46.

31. Гирка А. Д., Ткаліч І. Д., Сидоренко Ю. Я., Бочевар О. В., Ільєнко О. В. Особливості формування зернової продуктивності рослин різних сортів гороху в умовах Північного Степу України. *Зернові культури.* 2018. Том 2. № 2. С. 267–273. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0035

32. Глубокий О. М., Авраменко С. В., Попов С. І. Формування продуктивності сортів гороху залежно від умов вирощування в східному лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин.* 2021. № 29. С. 113–122. https://doi.org/10.36814/pgr.2021.29.11

33. Гончар Л. М., Пилипенко В. С. Польова схожість насіння та густота стояння рослин гороху посівного залежно від удобрення та інокуляції. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* 2017. Вип. 269. С.46–57.

34. Горбатенко А., Судак В., Чабан В. Горох завжди прибутковий, і на схилах теж. Пропозиція. 2019. №1. С.56–59.

35. Горох. Технічні умови: ДСТУ 4523:2006. К.: Держспоживстандарт України. 2007. 9 с.

36. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 560 с.

37. Грищук П. І. Вплив щільності агроценозу гороху посівного на його зернову продуктивність. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2017. №2. С. 48–51.

38. Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. Біоенергетичні та економічні параметри оцінки вирощування гороху за різних схем передпосівної обробки насіння та попередників. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 85–90. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.14

39. Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. Вплив передпосівної обробки насіння на біометричні показники та врожайність зерна гороху після різних попередників. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 242–249. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025

40. Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. Врожайність зерна гороху залежно від комбінованого застосування інокулянтів і фунгіцидних протруйників. Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. ювілей. датам від дня народж. фундаторів захисту і карантину рослин проф. В. Г . Аверіна, Т. Д. Страхова, Й. Т . Покозія та Є. М. Білецького, Харків, 23–24 жовт. 2025 р. / [редкол.: О. В. Романов, І. В. Забродіна, С. В. Станкевич] ; МОН України ; Держ. біотехнол. ун-т ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України [та ін.]. Харків : Право, 2025. С. 82–83. https://doi.org/10.31359/9786178617578

41. Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. Ефективність інокулянтів і фунгіцидних протруйників при вирощуванні гороху після різних попередників. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Аграрна наука: стан та перспективи розвитку» (м. Одеса, 30–31 жовтня 2025 р.). Одеса : ОДАУ, 2025. С. 129–132.

42. Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. Оцінка біоенергетичної та економічної ефективності вирощування гороху за різних попередників і технологічних схем передпосівної обробки насіння. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних,

енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2025. С. 15–16.

43. Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. Реакція врожайності зерна гороху на використання інокулянтів і протруйників за різних попередників у степовій зоні України. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський. 2025. № 49. С. 44–49. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.6

44. Данильченко О. М., Радченко М. В., Глупак З. І. Ефективність бактеріальних препаратів в агроценозах гороху в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. Серія «Агрономія і біологія»*. 2019. Вип. 3 (37). С. 18–23.

45. Дворецька С. П., Рябокінь Т. М., Каражбей Т. В. Вплив агрометеорологічних умов на формування продуктивності сортів гороху. *Збірник наукових праць "ННЦ Інститут землеробства НААН"*. Київ: "ВП Едельвейс". 2016. №1. С. 36–45.

46. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Київ, 2022. 562 с.

47. Джемесюк О. В., Каленська С. М., Новицька Н. В. Формування площі листкової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної академії.* 2016. № 3. С. 6–10.

48. Дідора В. Г. Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. К.: Центр навчальної літератури, 2013. 264 с.

49. Дідур І. М., Мостовенко В. В. Динаміка кількості та маси бульбочок азотофіксуючих бактерій гороху овочевого. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. № 20. С. 49–59. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4

50. Дідур І. М., Шевчук В. В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво.* 2020. № 16. С. 48-60. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-4

51. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів. За ред. Б. С. Носка. Київ: Урожай, 1994. 332 с.

52. Дранус В. В., Небаба К. С. Фінансово економічне обгрунтування ефективності вирощування гороху в умовах Лісостепу Західного. *Агросвіт.* 2020. № 17–18.

53. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІҐА. [Чинний від 2005-05-30]. Київ. Держспоживстандарт України, 2006. 18 с. (Національний стандарт України).

54. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Метод визначення органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 15 с. (Національний стандарт України).

55. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунту. [Чинний від 2006-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України, 2005. 20 с. (Національний стандарт України).

56. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015-01-04]. Київ. Держспоживстандарт України, 2014. 6 с. (Національний стандарт України).

57. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Київ. ДП УкрНДНЦ, 2016. 5 с. (Національний стандарт України).

58. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення pH (ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2009-10-01]. Київ. Держспоживстандарт України, 2012. IV, 4 с. (Національний стандарт України).

59. Ермантраут Е. Р., Бобро М. А., Гопцій Т. І. Методика наукових досліджень в агрономії. Навчальний посібник. Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2008. 64 с.

60. Єременко О. А., Капінос М. В. Вплив передпосівної обробки насіння на продуктивність сортів гороху посівного в умовах Південного Степу України.

Таврійський науковий вісник. 2020. No 113. С. 41–48. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.6

61. Єремко Л. С., Гангур В. В., Киричок О. О., Сокирко Д. П. Мінеральне живлення як фактор підвищення фотосинтетичної продуктивності і урожайності посівів гороху. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2019. № 3. С. 50–56.

62. Єрмолаєв В. М. Вплив біостимуляторів та мікроелементів на продуктивність гороху посівного в умовах Південного Степу України : дис. … д-ра філософії : 201 – Агрономія / Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв, 2025. 225 с.

63. Жуйков О.Г., Лагутенко К.В. Горох посівний в Україні – стан, проблеми, перспективи. *Таврійський науковий вісник: землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво.* Херсон. 2017. № 98. С.65–70.

64. Іващенко О. О., Іващенко О. О. Загальна гербологія : монографія / НААН, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, *Інститут захисту рослин НААН.* Київ: Фенікс, 2019. 752 с.

65. Ільєнко О. В. Формування врожайності гороху вусатого морфологічного типу під впливом добрив та норм висіву насіння в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2013. № 4. С. 33–37.

66. Ішенко В. І. Елементи технології – резерв підвищення урожайності гороху в Степу. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* Запоріжжя. 2013. № 18. С. 85–92.

67. Іщенко В. А. Ефективність використання ризогуміну і полі міксобактерину у поєднанні з мікродобривом та регулятором росту при вирощуванні гороху вусатого типу в північному Степу. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. *Сільськогосподарська мікробіологія.* Чернігів. 2013. Вип. 17. С. 89–100. https://doi.org/10.35868/1997-3004.17.89-100

68. Іщенко В. А., Томашина Г. П., Темченко А. М. Поширеність гороху та ефективність елементів його вирощування в умовах північного Степу. Науковий збірник Вісник Степу. Кіровоград. 2013. Вип 10. С. 49-53.

69. Каленська С. М. Біоенергетична оцінка елементів технології вирощування. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. № 6 (28). С. 1–8.

70. Калитка В. В., Капоніс М. В. Вплив регуляторів росту рослин і біопрепаратів на продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах південного Степу України. *Науковий вісник НУБіП України*. *Серія Агрономія.* 2015. № 21. С.38–46.

71. Камінський В. Ф., Дворецька С. П., Костина Т. П. Вплив погодних умов та системи удобрення на формування продуктивності сортів гороху. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ: ВП «Едельвейс», 2012. Вип. 3–4. С. 82–90.

72. Камінський В. Ф., Голодна А. В., Гресь С. А. Значення погодно-кліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво.* Вінниця. 2004. Вип. 53. С. 38–48.

73. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Шевченко І. П. та ін. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур. К. : ВП “Едельвейс”, 2012. 196 с.

74. Камінський В. Ф. Агробіологічні основи інтенсифікації вирощування зернобобових культур в Лісостепу України : автореф. дис. … д-ра с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Вінниця, 2006. 48 с.

75. Камінський В. Ф., Дворецька С. П., Рябокінь Т. М. Формування урожаю сортів гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування у Північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Випуск 4. С. 59–65.

76. Капінос М. В. Агроекономічна та енергетична оцінка елементів технології вирощування сортів гороху в умовах Південного Степу України. 2019. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий. тематичний науковий збірник.* Вип. 72. С. 135–138.

77. Капінос М. В., Калитка В. В. Вплив регуляторів росту рослин і мікробних препаратів на проростання насіння та початковий ріст гороху посівного (*Pisum sativum* L.). *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2016. №. 96. С. 66–73.

78. Кобизева Л. Н., Безуглая О. Н. Видове різноманіття зернобобових культур у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України та його значення для селекційної практики. *Генетичні ресурси рослин.* Харків. 2009. № 7. С. 9–21.

79. Кобизєва Л. Н., Попов С. І., Кириченко В. В., Огурцов Ю. Є., Леонов О. Ю., Рябчун Н. І., Авраменко С. В., Єгоров Д. К., Щипак Г. В., Гутянський Р. А., Кузьменко Н. В., Магомедов Р. Д., Глубокий О. М., Садовой О. О. *Рекомендації з проведення осіннього комплексу польових робіт у господарствах харківської області в умовах 2021 року (науково–практичні рекомендації)*. Харків: Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. 2021. 31 с.

80. Коваленко О. А. Застосування мікродобрив та біопрепаратів в зоні південного степу України за вирощування гороху. *Сільське господарство та лісівництво.* No 22. 2021. С. 22–23.

81. Коваленко, О. А., Хоненко, Л. Г., Гирля, Л. М. Вплив погодно-кліматичних умов та обробки насіннєвого матеріалу на ріст і розвиток рослин гороху. *Таврійський науковий вісник.* 2013. № 85, С. 85–87.

82. Козар С. Ф., Халеп Ю. М., Євтушенко Т. А., Вороная О. В. Економічна та енергетична ефективність інокуляції гороху за вирощування культури в системі органічного виробництва. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2023. Вип. 38. С. 51–58. https://doi.org/10.35868/1997-3004.38.51-58

83. Колесніков М. О., Пащенко Ю. П., Пономаренко С. П. Вплив біостимуляторів та мікробіологічного препарату на продукційний процес гороху посівного (*Pisum Sativum* L.) в умовах сухого Степу України. *Агробіологія: збірник наукових праць.* 2020. № 1. С. 57–66.

84. Компанієць В. О., Бочевар О. В., Лемішко С. М. Економічна ефективність застосування хімічних та біологічних препаратів у технології

вирощування гороху в північному Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства.* 2010. №. 38. С. 124–130.

85. Компанієць В. О., Рибка В. С., Кулик А. О. та ін. Пропозиції з визначення нормативних витрат та цін на продукцію зернових культур. *Посібник українського хлібороба* (наук.-виробнич. щорічник). Київ, 2010. № 2. С. 73–75.

86. Компанієць В. О., Желязков О. І., Кулик А. О. Методика енергетичної оцінки ефективності технологій виробництва зерна. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* Дніпропетровськ, 2014. № 6. С. 118–124.

87. Король Л. В. Формування біологічного потенціалу гороху залежно від застосування добрив та регуляторів росту в умовах Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Київ, 2019. 21 с.

88. Костина Т. П. Оптимізація елементів технології вирощування сортів гороху різних морфотипів в умовах північної частини Лісостепу : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Київ, 2015. 22 с.

89. Коць С. Я. Біологічна фіксація азоту: досягнення та перспективи розвитку. *Фізіологія рослин та генетика*. 2021. Т. 53. №. 2. С. 128–159. https://doi.org/10.15407/frg2021.02.128

90. Коць С. Я., Кукол К. П. Вплив пестицидів на бульбочкові бактерії у чистій культурі та реалізацію їх симбіотичного потенціалу. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. №. 53. № 3. С. 240–261. https://doi.org/10.15407/frg2021.03.240

91. Крижанівський В. Г. Економічна та енергетична ефективність вирощування гороху, пшениці озимої та буряку цукрового за різних заходів основного обробітку ґрунту. *Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету*. 2015. Випуск. Вип. 1 (117). С. 27–31.

92. Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Рибаченко Л. І., Якимчук Р. А. Вплив фунгіцидів на ефективність інокуляції сої стійкими до пестицидів бульбочковими бактеріями. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. № 31. 26–35. https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.26-35

93. Лебідь Є. М., Десятник Л. М., Федоренко І. Є. Особливості вирощування гороху й озимої пшениці в сівозмінах Степу. *Агроном.* 2018. № 3. С. 166–167.

94. Левішко А. С., Гуменюк І. І., Ткач Є. Д., Терновий Ю. В., Кравчук Ю. А. Ефективність використання нових штамів *Rhizobium* на посівах бобових культур. *Агроекологічний журнал.* 2022. № 1. С. 136–144. https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257130

95. Лемішко С. М. Оцінка впливу інкрустації та інокуляції насіння гороху хімічними та біологічними препаратами на розміри симбіотичної фіксації за різних умов живлення. *Таврійський науковий вісник.* Херсон : Гельветика, 2020. № 116, ч. 1. С. 215–222.

96. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Урожайність гороху сорту Мадонна залежно від норми висіву. *Наукові горизонти.* 2019. № 12 (85). С. 53–59. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-85-12-53-59

97. Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Алєксєєв О.О. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан і перспективи використання. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 196 с.

98. Максименко Н. В., Балюк С. А., Кучер А. В., Пересадько В. А. Регіональні відмінності ґрунтів України для оцінки вартості екосистемних послуг. *Український географічний журнал.* 2022. № 2. С. 19–31. https://doi.org/10.15407/ugz2022.02.019

99. Малієнко А. М., Борис Н. Є., Буслаєва Н. Г Питання методики польових дослідів у землеробстві та рослинництві. *Землеробство* Київ, 2018. Вип. 1. С. 38–44.

100. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп’яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. / ред. Ткачик С.О.; укл. Лівандовський А.А., Хоменко Т.М. та ін. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця, 2016. 82 с.

101. Моргун В. В., Коць С. Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. *Вісник Національної академії наук України*. 2018. №. 1. С. 62–74. https://doi.org//10.15407/visn2018.01.062

102. Мурач О. М., Волкогон В. В. Формування симбіотичного апарату гороху за впливу бактеріальних препаратів, мікроелементів і стимулятора росту. *Агроекологічний журнал.* 2014. №. 4. С. 55–59. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2014.344883

103. Мусатов А. Г., Іщенко В. А. Вплив елементів технології ефективність вирощування гороху в умовах північного Степу правобережжя України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони.* 2011. №. 1. С. 55–58.

104. Найдьонова В. О. Вплив основного обробітку ґрунту та інокуляції насіння на продуктивність сої на зрошуваних землях Півдня України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.01 «Загальне землеробство». Херсон, 2016. 20 с.

105. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / ред. М. В. Зубець (голова) та ін. К. : Аграрна наука, 2010. 986 с.

106. Небаба К. С. Вплив мінеральних добрив та регуляторів росту на якість зерна гороху посівного в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.* 2023. №. 38. С. 99–103. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.14

107. Небаба К. С. Енергія проростання і польова схожість сортів гороху в умовах Лісостепу Західного. Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України. Матеріали міжнародної наукової конференції, 11-12 серпня 2016 р. Вінниця. Діло. 2016. С. 80–81.

108. Небаба К. С. Сортова продуктивність гороху посівного залежно від живлення мінеральними добривами та регуляторами росту в умовах Лісостепу Західного : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво» / Подільський державний аграрно-технічний університет. Кам’янець-Подільський, 2020. 203 с.

109. Нідзельський В. А. Динаміка росту гороху залежно від погодних умов року. *Науковий вісник НУБіП України. Серія Агрономія.* 2015. №210. С. 67–74.

110. Окрушко С. Є. Вплив контролю бур'янів та мікродобрива на урожайність гороху овочевого. *Сільське господарство та лісівництво.* 2022. № 2 (25). С. 152–166.

111. Онищенко С. О., Алмашова В. С. Екологічні особливості вирощування гороху овочевого під дією мікроелементів та препарату ризоторфін та їх вплив на розвиток бульбочкових азотофіксуючих бактерій. *Таврійський науковий вісник.* № 85. 2013. С. 68–72.

112. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ. Юнівест Медіа. 2023. 543 с.

113. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Колісник С. І., Воронецька І. С., Кобак С. Я. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. *Web of Scholar.* 2018. Т. 4. №. 6. С. 22–29. https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/12062018/5769

114. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. 5-те вид., виправ., допов. Львів. Українські технології. 2020. 806 с.

115. Пилипенко В. С., Гончар Л. М., Каленська С. М. Управління формуванням продуктивності гороху залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія.* 2016. №. 9. С. 65–69.

116. Пилипенко В. С., Гончар Л. М., Каленська С. М. Формування продуктивності гороху залежно від елементів технології вирощування. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство».* 2016. № 91. Том 2. С.51–55.

117. Пилипенко В.С. Управління формуванням продуктивності гороху за оптимізації системи удобрення в правобережному Лісостепу України : автореф.

дис. на здобуття наук. ступеня канд. с. -г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Київ, 2017. 23 с.

118. Пилипенко В.С., Каленська С.М. Площа листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин гороху залежно від удобрення та інокуляції насіння. *Вісник аграрної науки.* 2017. №4. С. 17–22. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201704-03

119. Плотніков В. В., Гильчук В. Г., Гуменний М. Б. Урожайність та якість зерна гороху при комплексному застосуванні системи агрохімікатів в сучасних конкурентоспроможних технологіях його вирощування. *Корми і кормовиробництво.* 2008. № 62. С. 155–163.

120. Попов С.І., Гутянський Р.А., Зуза В.С., Глубокий О.М., Луханін І.В. *Система захисту зернових і зернобобових культур від шкідливих організмів (методичні рекомендації).* Харків: ПП «Стиль-Іздат», 2019. 63 с.

121. Присяжнюк О. І., Калюжна Е. А., Король Л. В. Оцінка сучасних сортів гороху за основними господарсько-цінними ознаками. *Збірник наукових праць національного наукового центру «Інститут землеробства НААН».* 2015. Вип. 3. С. 106–116.

122. Присяжнюк О. І., Король Л. В. Фотосинтетична діяльність гороху залежно від впливу агротехнічних прийомів в умовах Лісостепу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* Вип. 25. 2017. С.57–71.

123. Присяжнюк О. І., Калюжна Е. А., Король Л. В. Оцінка сучасних сортів гороху за основними господарсько-цінними ознаками. *Збірник наукових праць національного наукового центру «Інститут землеробства НААН».* 2015. Вип. 3. С. 106–116.

124. Прищепо М. М., Сергєєв Л. А., Конащук О. П. Вирощування насіннєвого гороху на півдні України. *Агроном.* 2018. № 4. С. 138–140.

125. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Х.: Майдан, 2016. 316 с.

126. Рябокінь Т. М. Вплив факторів інтенсифікації на фотосинтетичну діяльність посівів гороху. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс»*. 2015. Вип. 1. С.47–52.

127. Рябокінь Т. М. Особливості формування урожаю сортів гороху різного морфотипу залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування в північній частині правобережного Лісостепу : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Чабани, 2016. 20 с.

128. Савранчук В. В., Іщенко В. А. Вплив бактеріальних і біологічно активних препаратів на формування продуктивності рослинами гороху вусатого типу в Північному Степу. *Бюлетень ІСЗ НААН.* 2015. № 6. С. 119–125.

129. Січкар В. І. Сучасний стан і перспективи вирощування зернобобових культур на нашій планеті. Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України : міжнар. наук. конф., серпень 2016 : тези доп. Вінниця: Діло, 2016. С. 15–16.

130. Січкар В. І. Стан і перспективи розвитку виробництва зернобобових культур у світі та Україні. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту - національного центру насінництва і селекції.* 2015. Вип. 26 (66). С.9–20.

131. Сторчоус І. Десикація гороху як елемент контролю бур’янів перед жнивами. *Пропозиція.* Київ, 2020. № 6. С. 60–63.

132. Сухова Г. І. Продуктивність гороху залежно від сортових особливостей в умовах Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2014. №7. С. 88–94.

133. Тараріко Ю. О., Несмашна О. М., Глущенко Л. Д. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва. К. : Аграрна наука. 2005. 200 с.

134. Телекало Н. В. Агроекологічні прийоми вирощування (*Pisum sativum*) в умовах лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво.* 2018. Вип. 9. С. 79–88.

135. Телекало Н. В. Економічна оцінка ефективності технології вирощування гороху посівного. *Сільське господарство та лісівництво.* 2016. Вип. 4.С. 63–71.

136. Телекало Н. В. Ефективність використання бактеріальних препаратів при вирощуванні гороху посівного. *Збірник наукових праць ВНАУ «Сільське господарство та лісівництво».* 2019. №. 14. С. 127–140.

137. Телекало Н. В. Фотосинтетична продуктивність гороху посівного залежно від впливу передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво».* 2016. Вип. 3. С. 65–75.

138. Телекало Н. В., Блах М. В. Біологічний азот, як запорука екологічної безпеки ґрунтів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво».* 2017. Вип. 5. С. 155–164.

139. Телекало Н. В. Конкурентоспроможність технологій вирощування гороху посівного в умовах Лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник.* Херсон. 2015. Випуск 90. С. 96-101.

140. Ткачук О. П., Врадій О. І. Баланс поживних речовин у ґрунті при вирощуванні зернобобових культур. *Екологічні науки.* 2022. № 2(41). С.43–47. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.7

141. Ткачук О. П., Овчарук В. В. Екологічний потенціал зернобобових культур у сучасній інтенсивній сівозміні. *Сільське господарство та лісівництво.* Вінниця: ВНАУ, 2020. № 18. С. 161–171.

142. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

143. Фурдичко О. І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: монографія. Київ: ДІА, 2014. 112 с.

144. Хухлаєв І. І., Коблай С. В., Січкар В. І. Урожайність сортів гороху за умов посухи. *Збірник наукових праць селекційно-генетичного інституту –*

національного центру насінництва та сортовивчення. Одеса. 2014. Випуск 23 (63). С. 65-72.

145. Центило Л. В. Функціонування азотфіксувального симбіозу та продуктивність гороху за різних рівнів удобрення. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2016. Вип. 24. С. 37–42. https://doi.org/10.35868/1997-3004.24.37-42

146. Черенков А. В., Шевченко М. С. Зернобобові культури–стратегічний фактор регулювання білкового балансу та родючості ґрунтів. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2016. №. 11. С. 5–11.

147. Черенков А. В., Клиша А. І., Гирка А. Д., Кулініч О. О. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування: монографія; за ред. А.В. Черенкова. Дніпропетровськ. Акцент ПП. 2014. 110 с.

148. Чернюк О. П. Перспективи та технологія вирощування гороху. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ. ФОП Корзун Д. Ю. 2013. Вип.18. С.69–72.

149. Чинчик О. С. Вплив обробки насіння біопрепаратами на показники структури урожаю та урожайність сортів гороху. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету: Сільськогосподарські науки.* 2016. Вип. 24. Частина 1. С. 222–228.

150. Шевченко А. М., Тимошин С. М. Сучасний стан селекційного удосконалення рослин зернового гороху. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету*. 2012. №36. С.159–164.

151. Шевчук В. В., Дідур І. М. Дія регуляторів росту рослин на морфогенез проростків і лабораторну схожість насіння гороху озимого сорту НС Мороз. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2019. № 2. С. 52–53.

152. Шепель А. Продуктивність гороху овочевого залежно від заходів основного обробітку ґрунту і фонів живлення на півдні України. *Таврійський науковий вісник.* № 134. 2023. С.195–202.

153. Шушківська Н. І. Ентомофауна агроценозу гороху посівного. *Агробіологія. Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету.* 2013. Випуск 11 (104). С.142-145.

154. Andrew W. Lenssena, Upendra M. Sainju, Jalal D. Jabrob, Brett L. Allenb and William B. Stevensb. Dryland Pea Production and Water Use Responses to Tillage, Crop Rotation, and Weed Management Practice. *Agronomy journal*. September-October 2018. Volume 110. Issue 5. P. 1843–1853. https://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0182

155. Andrushko M., Lykhochvor V., Andrushko O. Tne influence of variety and rate sowing on tne yield and quality of pea grain (Pisum sativum). *Teka. Quarterly journal of agri-food industry.* Rzeszow-Lviv. 2019. Vol. 19. No. 4.Pp. 13–22. (156)

156. Annicchiarico P. Pea breeding for intercropping with cereals: variation for competitive ability and associated traits, and assessment of phenotypic and genomic selection strategies. *Frontiers in plant science*. 2021. T. 12. 731949. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.731949

157. Argaw A., Mnalku A. Symbiotic effectiveness of Rhizobium leguminosarum bv. vicieae isolated from major highland pulses on field pea (*Pisum sativum L.*) in soil with abundant rhizobial population. *Annals of Agrarian Science*. 2017. T. 15. №. 3. P. 410–419. https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.04.005

158. Attia A. M., Ahmed N. E., Zayton M. A. Effectiveness of Systemic Fungicides and Chemical Inducers of Plant Resistance (CIPRs) on Management of Pea Downy Mildew under Field Conditions. *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology).* 2025. 15(1), 159–170. https://doi.org/10.5943/cream/15/1/11

159. Bai B., Suri V. K., Kumar A., Choudhary A. K. Influence of dual inoculation of AM fungi and Rhizobium on growth indices, production economics, and nutrient use efficiencies in garden pea (*Pisum sativum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2016. 47. (8). 941–954. https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1165830

160. Barbosa J. Z., Hungria M., Prior S. A., Moura M. C., Poggere G., Motta A. C. V. Improving yield and health of legume crops via co-inoculation with rhizobia and Trichoderma: A global meta-analysis. *Applied Soil Ecology*. 2022. 176, 104493. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104493

161. Bourion V., Heulin-Gotty K., Aubert V., Tisseyre P., Chabert-Martinello M., Pervent M., Lepetit M. Co-inoculation of a pea core-collection with diverse rhizobial strains shows competitiveness for nodulation and efficiency of nitrogen fixation are distinct traits in the interaction. *Frontiers in Plant Science.* 2018. 8, 2249. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02249

162. Brkić S., Milaković Z., Kristek A., Antunović M. Pea yield and its quality depending on inoculation, nitrogen and molybdenum fertilization. *Plant Soil Environ.* 2004. 50 (1). 39–45.

163. Burstin J., Salloignon P., Chabert-Martinello M. Genetic diversity and trait genomic prediction in a pea diversity panel. *BMC Genomics.* 2015. 16. 105. https://doi.org/10.1186/s12864-015-1266-1

164. Cantaro-Segura H., Huaringa-Joaquín A. Interaction of triacontanol with other plant growth regulators on morphology and yield of field pea (*Pisum sativum L.*). *Agronomía Colombiana*. 2021. T. 39. №. 2. C. 187–195. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n2.94096

165. Chandhana M. H., Bara B. M. Comparative Study of Biofertilizer and Plant Extracts on Growth, Yield and Yield Attributing Traits of Field Pea (*Pisum sativum*). *International Journal of Environment and Climate Change*. 2022. 12 (11), 530–537. https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1131003

166. Chowdhury S. K., Roy N., Banerjee M., Basnett D. Plant growth promotion and antifungal activities of the mango phyllosphere bacterial consortium for the management of Fusarium wilt disease in pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Science Today.* 2023. 10 (3), 220–234. https://doi.org/10.14719/pst.2267

167. Clark B. E., Dorothy Baldauf. A cold test for pea seeds. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 1958. 48: 133–135.

168. Davidson J. A., Walela C., Day S., Roberts P., McMurray L. Evaluation of economic fungicide strategies for control of ascochyta blight in field pea in southern Australia. *Australasian Plant Pathology*. 2022. 51(5). 495–505. https://doi.org/10.1007/s13313-022-00877-6

169. Dawa K. K., Farid S. M., El-Bauomy A. E. Effect of biofertilizers inoculation methods and some foliar application treatments on yield and quality of pea plants. *Journal of Plant Production.* 2014. 5 (11). 1759–1775. https://doi.org/10.4141/P01-180

170. Di Paolo E., Garofalo P., Rinaldi M. Irrigation and nitrogen fertilization treatments on productive and qualitative traits of broad bean (*Vicia fabavar. minor* L.) in a Mediterranean environment. Legume Research – An International Journal, 38 (2). (2015). 209. https://doi.org/10.5958/0976-0571.2015.00069.7

171. Eissa N. H., Zayed M. S., Hassanein M. K., Abdallah M. M. F. Green pea sprout response to microbial inoculation and increasing atmospheric CO2 concentration. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 2 (2018). 6 (Special issue), 2513–2523.

172. Ejaz S., Batool S., Anjum M. A., Naz S., Qayyum M. F., Naqqash T., Ali S. Effects of inoculation of root-associative Azospirillum and Agrobacterium strains on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) grown under different nitrogen and phosphorus regimes. *Scientia Horticulturae.* 2020. 270, 109401. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109401

173. Falloon R. E., Follas G. B., Butler R. C., Goulden D. S. Resistance in Peronospora viciae to phenylamide fungicides: reduced efficacy of seed treatments of pea (*Pisum sativum*) and assessment of alternatives. *Crop Protection*. 2000. 19 (5), 313–325. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00023-5

174. Fatima S., Aslam R., Shahzadi K., Awan H., Nadeem M., Shabir M., Hamid M. Effect of drought stress at growth and development of pea (*Pisum sativum* L.). *Asian Journal of Research in Crop Science*. 2024. 9 (1), 76–80. https://doi.org/10.9734/ajrcs/2024/v9i1247

175. Fugeray-Scarbel A., Lemarié S. The amplified effect of market size on innovation: A comparative analysis of pea and wheat seed value chains in France. *Agricultural Systems*. 2024. T. 219. P. 104051. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104051

176. Gaind S., Rathi M. S., Kaushik B. D., Nain L., Verma O. P. Survival of bio-inoculants on fungicides-treated seeds of wheat, pea and chickpea and subsequent effect on chickpea yield. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 2007. 42(6), 663–668. https://doi.org/10.1080/03601230701465759

177. Gamajunova V. V., Khonenko L. G., Girlja L. M., Kovalenko O. A., Baklanova T. V. Using micronutrient in climate change. *Innovative Solutions In Modern Science*. No 6 (42). New York. 2020. P. 124–148. https://doi.org/10.26886/2414-634X.6(42)2020.8

178. Gamayunova V., Sydiakina O. The problem of nitrogen in modern agriculture. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27, No 3. P. 46–61. https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2023.46

179. Gaurilčikienė I., Česnulevičienė R., Janušauskaitė D., Ronis A. Management of seed borne root and foot rot diseases of pea (*Pisum sativum* L.) with a fungicide seed treatment. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2012. 99(1), 77–84.

180. Georgieva N., Nikolova I., Pavlov D., Zhelyazkova T. Energy efficiency in pea organic production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28. No 1. 2022. P. 55–60.

181. Gudero Mengesha G., Terefe H., Yae A. J., Arato,A. A., Betire M. G., Samuel Shago T., Abebe S. M. Integration of host resistance and fungicides reduced ascochyta blight pressure and minimised yield loss in field pea (*Pisum sativum* L.) in southern Ethiopia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2022. 72 (1), 971–986. https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2136107

182. Gupta G., Dhar S., Dass A., Sharma V. K., Shukla L., Singh R., Verma G. Assessment of bio-inoculants-mediated nutrient management in terms of productivity, profitability and nutrient harvest index of pigeon pea–wheat cropping system in India.

Journal of Plant Nutrition. 2020. 43(19), 2911–2928. https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1806302

183. Hadian S., Smith D. L., Supronienė S. Modulating the plant microbiome: effects of seed inoculation with endophytic Bacteria on microbial diversity and growth enhancement in pea plants. *Microorganisms*. 2025. 13 (3), 570. https://doi.org/10.3390/microorganisms13030570

184. Hýbl M. Hrách setý (*Pisum sativum* L.). Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Editor Petr Konvalina. *Jihočeská univerzita Českých Budějovicích.* 2014. P.205–228.

185. Ibrahim H. M., El-Sawah A. M. The mode of integration between azotobacter and rhizobium affect plant growth, yield, and physiological responses of pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2022. 22 (2), 1238–1251. https://doi.org/10.1007/s42729-021-00727-2

186. Janati W., Mikou K., El Ghadraoui L., Errachidi F. Growth stimulation of two legumes (*Vicia faba* and *Pisum sativum*) using phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Frontiers in Microbiolog.* 2023. 14, 1212702. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1212702

187. Jyoti Devi,Vidya Sagar, Vidya Sagar, Gyan P. Mishra, Gyan P. Mishra, Prakash Kumar Jha, Prakash Kumar Jha, Nakul Gupta, Nakul Gupta, Rakesh K. Dubey, Rakesh K. Dubey, Prabhakar M. Singh, Prabhakar M. Singh, Tusar K. Behera, Tusar K. Behera, Vara Prasad P. V. Heat stress tolerance in peas (*Pisum sativum* L.): Current status and way forward. *Frontiers in Plant Science.* 2023. 13: 1108276. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1108276

188. Kende Z., Piroska P., Szemők G. E., Khaeim H., Sghaier A. H., Gyuricza C., Tarnawa Á. Optimizing water, temperature, and density conditions for in vitro pea (*Pisum sativum* L.) Germination. *Plants*. 2024. 13(19), 2776. https://doi.org/10.3390/plants13192776

189. Kidaj D., Wielbo J., Skorupska A. Nod factors stimulate seed germination and promote growth and nodulation of pea and vetch under competitive conditions.

Microbiological research. 2012. 167 (3). 144–150. https://doi.org/10.1016/j.micres.2011.06.001

190. Klimek-Kopyra A., Neugschwandtner R. W., Gląb T., Oleksy A., Zając T. Impact of crop stand, Rhizobium inoculation, and foliar fertilization on pea root parameters. Die Bodenkultur: *Journal of Land Management, Food and Environment.* 2020. 71(2), 77–85. https://doi.org/10.2478/boku-2020-0008

191. Kovalenko V., Kovalenko N., Gamayunova V., Butenko A., Kabanets V., Salatenko I., Kandyba N., Vandyk M. Ecological and Technological Evaluation of the Nutrition of Perennial Legumes and their Effectiveness for Animals. *Journal of Ecological Engineering.* 2024. 25(4). P. 294–304. https://doi.org/10.12911/22998993/185219

192. Księżak J. Reakcja grochu (*Pisum sativum*) na nawożenie mineralne i naturalne. *Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa. Fragm. Agron.* 2017. 34(4). 77–92.

193. Kumar R., Gupta A., Verma K., Singh A. Effect of seed treatments and storage period on seed health parameters of pea (*Pisum sativum* L.) under ambient storage conditions. *Legume Research*. 2023. 46(9), 1233–1239. https://doi.org/10.18805/LR-4634

194. Kumar, M., Zacharia, S., Kumar, P., Kumar, K., Singh, S., & Bawane, A. S. Eco-friendly Management of Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. pisi) of Field Pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Experimental Agriculture International.* 2024. 46 (11), 283–292.

195. Kyrychenko O. V., Kots S. Y., Khrapova A. V., Omelchuk S. V. Biological activity of soybean seed lectin at the spraying of Glycine max plants against the background of seed treatment with pesticide containing fipronil, thiophanate-methyl, pyraclostrobin as active substances and rhizobial bacterization. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(2), 105–113. https://doi.org/10.15421/022215

196. Lachlan Lake, Lydie Guilioni, Bob French, Victor O. Sadras. Field pea. Crop Physiology Case Histories for Major Crops. *Academic Press.* 2021. P.320–341.

197. Lemishko S., Kharytonov M., Pashova V., Tkalich Y. The impact of the pea seed treatments with bio-fertilizers and bio-agents on the level of plant nitrogen symbiotic fixation. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. 66 (2). 302–309.

198. Lemishko S., Kharytonov M., Pashova V., Tkalich Y., Castano-Sanchez, O. Effects of combined treatment of seeds of two pea varieties with bacterial inoculants. *Agriculture and Forestry*. (2023). 69 (1): 7–18. https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.1.01

199. Lykhochvor V., Andrushko M., Andrushko O. Symbiotic activity of peas (*Pisum sativum*) depending on the fertilizer system. Dynamics of the development of world science. Abstracts of the 10th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2020. Pp.112–120.

200. Mahmoud G. A. E., Abeed A. H., Mostafa H. H., Abdel Monsef O. Responses of pea (*Pisum sativum* L.) to single and consortium bio-fertilizers in clay and newly reclaimed soils. *Plants*. 2023. 12(23), 3931. https://doi.org/10.3390/plants12233931

201. Mamine F., Farès M. Barriers and levers to developing wheat-pea intercropping in Europe: A review. *Sustainability*. 2020. T. 12. №. 17. P. 6962. https://doi.org/10.3390/su12176962

202. Maria, Naz, I., Khan, R., Alam, S. S., Iqbal, O., Akram, S., Munir, S. Unleashing the synergistic effect of promising fungicides: a breakthrough solution for combating powdery mildew in pea plants. *Frontiers in Microbiology*. 2024. 15, 1448033. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1448033

203. Nazir N., Badri Z. A., Bhat N. A., Bhat F. A., Sultan P., Bhat T. A., Sakina A. Effect of the combination of biological, chemical control and agronomic technique in integrated management pea root rot and its productivity. *Scientific Reports*. 2022. 12 (1), 11348. https://doi.org/10.1038/s41598-022-15580-1

204. Nguyen T. G., Konvalin P., Capouchová, I., Dvořák P., Perná K., Kopecký M., Tran D. K. Intensification of pea (*Pisum sativum* L.) production in organic farming: effects of biological treatments on plant growth, seed yield, and protein content. Agronomy. 2025. 15 (8), 1792.

205. Osman N. I., Yin S. Isolation and characterization of pea plant (*Pisum sativum* L.) growth-promoting Rhizobacteria. *African Journal of Microbiology Research.* 2018. 12(34), 820–828.

206. Pandey J., Devadasu E., Saini D., Dhokne K., Marriboina S., Raghavendra A. S., Subramanyam R. Reversible changes in structure and function of photosynthetic apparatus of pea (*Pisum sativum*) leaves under drought stress. *The Plant Journal*. 2023. 113 (1), 60–74. https://doi.org/10.1111/tpj.16034

207. Pandey V., Dahiya O. S., Mor V. S., Yadav R., Jitender P. O., Brar A. Impact of integrated nutrient management on seed yield and its attributes in field pea (*Pisum sativum* L.). *Chemical science review and letters.* 2017. 6 (23), 1428–1431.

208. Podea, M. M., & Cristea, S. Pea crop diseases–an overview. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. (2023). 66(1).

209. Popov S.I., Hlubokyi O.M., Avramenko S.V. Sowing rate effect the performance and seed quality of pea cultivars in the eastern forest-steppe of Ukraine. *Селекція і насінництво*. 2022. Вип. 121. С. 112–123. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.261001

210. Quddus M. A., Rahman M. A., Ahmed R., Ali M. E., Sarker K. K., Siddiky M. A., Hossain A. Rhizobium Inoculation and Micronutrient Addition Influence the Growth, Yield, Quality and Nutrient Uptake of Garden Peas (*Pisum sativum* L.). *Phyton.* 2024. (0031-9457), 93(5). https://doi.org/10.32604/phyton.2024.049226

211. Reveglia P., Blanco M., Cobos M. J., Labuschagne M., Joy M., Rubiales D. Metabolic profiling of pea (*Pisum sativum*) cultivars in changing environments: Implications for nutritional quality in animal feed. *Food Chemistry*. 2025. 462. 140972. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140972

212. Sapre S., Gontia-Mishra I., Tiwari S. Plant growth-promoting rhizobacteria ameliorates salinity stress in pea (*Pisum sativum*). Journal of Plant Growth Regulation. 2022. 41. 647–656. https://doi.org/10.1007/s00344-021-10329-y

213. Scurtu I., Şovărel G., Cenuşă A. E., Costache M. Protective effect of some fungicides used for the treatment of pea seed (*Pisum sativum* L.). *Current Trends in Natural Sciences.* 2017. 6. 11, 58–62.

214. Shao-ying M. A., Sheng L. I., Fang-rong Z. E. N. G., Lei M. A., Ning Y. A. N. G., Zhi-hui P. U. Effects of rhizobium inoculation on soil nutrients and enzyme activities of continuous crop pea. *Chinese Journal of Soil Science.* 2022. 53 (6), 1360–1367. http://dx.doi.org/10.19336/j.cnki.trtb.2021102106

215. Silva P. P. D., Freitas R. A. D., Nascimento W. M. Pea seed treatment for Rhizoctonia solani control. *Journal of Seed Science*. 2013. 35. 17–20. (199)

216. Smýkal P. et al. Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*. 2012. T. 2. №. 2. P. 74–115. https://dx.doi.org/10.3390/agronomy2020074

217. Stepanovic S. V., Burr C., Peterson J. A., Rudnick D., Creech C. F., Werle R. Field pea response to seeding rate, depth, and inoculant in west-central Nebraska. *Agronomy Journal*. 2018. 110 (4), 1412–1419. https://doi.org/10.2134/agronj2017.10.0600

218. Tulbek M. C., Wang Y. L., Hounjet M. Pea. A Sustainable Vegetable Protein Crop. Sustainable protein sources. *Academic Press*. 2024. C. 143–162. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91652-3.00027-7

219. Ullah A., Hassan M. H., Langah G. S., Bashir I., Ahmed S. I., Akram W., Nawaz R. Effect of Seed Treatments and Different Levels of Nitrogen on Plant Growth and Seed Yield of Pea (*Pisum sativum*). *Indus Journal of Bioscience Research*. 2025. 3 (9), 158–167. https://doi.org/10.70749/ijbr.v3i9.2364

220. Vann R. A., Reberg-Horton S. C., Castillo M. S., Mirsky S. B. and Mc Gee R. J. Winter Pea Cultivar. Breeding Line Screening for Grain Crop Potential in the Southeastern United States. *Agronomy journal.* July-August 2018.Volume 110. Issue 4. P.1217–1225. https://doi.org/10.2134/agronj2017.10.0594

221. Walter S., Zehring J., Mink K., Quendt U., Zocher K., Rohn S. Protein content of peas (*Pisum sativum*) and beans (*Vicia faba*) – Influence of cultivation conditions. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2022. 105. 104257. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104257

222. Wheatley R. M., Ford B. L., Li L., Aroney S. T., Knights H. E., Ledermann R., Poole P. S. Lifestyle adaptations of Rhizobium from rhizosphere to

symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. 117 (38), 23823–23834. https://doi.org/10.1073/pnas.2009094117

223. Wu D. T., Li W. X., Wan J. J., Hu Y. C., Gan R. Y., Zou L. A comprehensive review of pea (*Pisum sativum* L.): chemical composition, processing, health benefits, and food applications. *Foods*. 2023. 12.13: 2527. https://doi.org/10.3390/foods12132527

224. Yeremko L., Hanhur V., Staniak M. Effect of mineral fertilization and seed inoculation with microbial preparation on seed and protein yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Agronomy*. 2024. 14. 1004. https://doi.org/10.3390/agronomy14051004

225. Yermolaiev V. M., Gamajunova V. V. Modern trends in pea cultivation in Ukraine and the world. *Таврійський науковий вісник.* Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 136. Ч. 1. 336 с. С. 106–116. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.15

226. Zhang H., Sun H., Tang Z., Wang G. Integrated Agronomy of Pea (*Pisum sativum* L.): A Review on Cultivation, Harvesting, and Storage for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2025. 16: 1670445. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1670445

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Географічне розташування науково-дослідного поля навчально-наукового центру ДДАЕУ
(48.5142156202711, 35.24789895842995)



CNES/Astrium, Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, Landsat, 2025., Картографічні дані: Google, 2025.

Додаток А.2

Схема польового досліду. Розміщення варіантів та повторень.
Загальна площа під дослідом 0,5 га, площа дослідних ділянок 3360 м^2,
площа елементарної ділянки 28 м^2, довжина елементарної ділянки 17,5 м,
ширина елементарної ділянки 1,6 м.

попередник пшениця озима	I*	1	6	3	4	5	2	11	12	7	14	10	8	15	13	9
	II	4	15	14	5	13	11	8	10	9	7	2	6	3	1	12
	III	12	13	10	5	8	1	14	11	7	15	3	9	6	2	4
	IV	3	14	15	2	11	7	12	5	9	4	6	1	8	13	10
попередник соняшник	I	10	11	15	2	1	14	7	9	12	13	3	5	4	6	8
	II	8	11	5	10	12	7	15	14	1	13	4	6	2	3	9
	III	10	13	12	15	3	2	9	5	11	14	7	8	1	4	6
	IV	8	5	3	1	7	12	6	4	15	2	9	14	13	11	10

*Повторення досліду: I, II, III, IV.

Варіанти досліду: 1 – без обробки (контроль); 2 – Вайбранс РФС (1 л/т); 3 – Редіго (1 л/т); 4 – Сферіко (1 л/т); 5 – Авідо (1 л/т); 6 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т); 7 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т); 8 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т); 9 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т); 10 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т); 11 – Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т); 12 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т); 13 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т); 14 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т); 15 – Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т).

Додаток А.3

Науково-дослідне поле навчально-наукового центру ДДАЕУ



Додаток А.4

Проведення приймання дослідів комісією ДДАЕУ





Додаток Б.1

Кількість симбіотично фіксованого азоту у гороху сорту Мадонна залежно від передпосівної обробки насіння та попередників, кг/га (2023 р.)

Варіант (фактор В)	Попередник (фактор А)	
	пшениця озима	соняшник
Без обробки (контроль)	38,0	32,2
Вайбранс РФС (1 л/т)	48,3	42,4
Рédіго (1 л/т)	47,2	41,9
Сферіко (1 л/т)	46,0	38,2
Авідо (1 л/т)	45,5	40,7
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	72,6	65,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	62,0	56,2
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	77,8	70,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рédіго (1 л/т)	76,2	68,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	76,1	66,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	74,1	66,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	64,6	65,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рédіго (1 л/т)	64,3	64,1
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	62,9	64,2
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	62,1	59,6
$НІР_{05,}$ кг/га		
Фактор А	4,2	3,5
Фактор В	3,8	3,1
Взаємодія АВ	4,5	3,9

Додаток Б.2

Кількість симбіотично фіксованого азоту у гороху сорту Мадонна залежно від передпосівної обробки насіння та попередників, кг/га (2024 р.)

Варіант	Попередник	
	пшениця озима	соняшник
Без обробки (контроль)	28,8	24,1
Вайбранс РФС (1 л/т)	36,5	31,7
Рédіго (1 л/т)	35,7	31,3
Сферіко (1 л/т)	34,7	28,8
Авідо (1 л/т)	34,3	30,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	54,0	48,0
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	46,4	41,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	57,8	51,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Рédіго (1 л/т)	56,7	50,4
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	56,6	49,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	55,1	48,8
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	48,3	48,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Рédіго (1 л/т)	48,2	47,3
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	47,0	47,5
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	46,4	44,2
$НІР_{05,}$ кг/га		
Фактор А	4,0	3,3
Фактор В	3,5	3,0
Взаємодія АВ	4,3	3,4

Додаток Б.3

Кількість симбіотично фіксованого азоту у гороху сорту Мадонна залежно від передпосівної обробки насіння та попередників, кг/га (2025 р.)

Варіант	Попередник	
	пшениця озима	соняшник
Без обробки (контроль)	26,1	21,4
Вайбранс РФС (1 л/т)	32,8	28,0
Редіго (1 л/т)	32,0	27,9
Сферіко (1 л/т)	31,2	25,4
Авідо (1 л/т)	30,9	26,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	48,2	42,0
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	41,6	36,6
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	51,3	45,3
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	50,1	43,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	50,3	43,1
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	49,0	42,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	43,1	42,6
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	42,6	42,0
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	41,9	41,7
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	41,4	38,7
$НІР_{05,}$ кг/га		
Фактор А	4,0	3,2
Фактор В	3,4	3,0
Взаємодія АВ	4,2	3,3

Додаток В.1

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів вегетації гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередника пшениці озимої, діб (2023 рік)

Варіант	Міжфазні періоди					Тривалість вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна	налив зерна-повна стиглість	
Без обробки (контроль)	8	28	12	18	24	90
Вайбранс РФС (1 л/т)	8	28	12	19	25	92
Редіго (1 л/т)	8	28	12	18	25	91
Сферіко (1 л/т)	8	28	12	18	25	91
Авідо (1 л/т)	8	28	12	18	24	90
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	8	29	12	20	26	95
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	8	29	12	19	26	94
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	8	30	12	20	27	97
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	8	30	12	20	26	96
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8	30	12	20	26	96
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	8	30	12	20	26	96
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	8	30	12	20	26	96
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	8	29	12	20	26	95
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8	29	12	20	26	95
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	8	29	12	19	26	94

Додаток В.2

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів вегетації гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередника пшениці озимої, діб (2024 рік)

Варіант	Міжфазні періоди					Тривалість вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна	налив зерна-повна стиглість	
Без обробки (контроль)	8	27	12	18	22	87
Вайбранс РФС (1 л/т)	8	27	12	19	23	89
Редіго (1 л/т)	8	27	12	18	23	88
Сферіко (1 л/т)	8	27	12	18	23	88
Авідо (1 л/т)	8	27	12	18	22	87
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	8	28	12	20	24	92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	8	28	12	19	24	91
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	8	29	12	20	25	94
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	8	29	12	20	24	93
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8	29	12	20	24	93
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	8	29	12	20	24	93
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	8	29	12	20	24	93
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	8	28	12	20	24	92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8	28	12	20	24	92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	8	28	12	19	24	91

Додаток В.3

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів вегетації гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередника пшениці озимої, діб (2025 рік)

Варіант	Міжфазні періоди					Тривалість вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна	налив зерна-повна стиглість	
Без обробки (контроль)	8	27	12	17	23	87
Вайбранс РФС (1 л/т)	8	27	12	18	24	89
Редіго (1 л/т)	8	27	12	17	24	88
Сферіко (1 л/т)	8	27	12	17	24	88
Авідо (1 л/т)	8	27	12	17	23	87
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	8	28	12	19	25	92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	8	28	12	18	25	91
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	8	29	12	19	26	94
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	8	29	12	19	25	93
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8	29	12	19	25	93
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	8	29	12	19	25	93
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	8	29	12	19	25	93
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	8	28	12	19	25	92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	8	28	12	19	25	92
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	8	28	12	18	25	91

Додаток В.4

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів вегетації гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередника соняшнику, діб (2023 рік)

Варіант	Міжфазні періоди					Тривалість вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна	налив зерна-повна стиглість	
Без обробки (контроль)	10	27	12	17	23	89
Вайбранс РФС (1 л/т)	10	27	12	18	24	91
Редіго (1 л/т)	10	27	12	18	24	91
Сферіко (1 л/т)	10	27	12	17	24	90
Авідо (1 л/т)	10	27	12	17	24	90
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	10	28	12	18	25	93
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	10	28	12	18	24	92
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	10	29	12	19	26	96
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	10	29	12	19	25	95
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	10	29	12	19	25	95
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	10	28	12	19	25	94
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	10	28	12	19	25	94
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	10	28	12	19	25	94
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	10	28	12	18	25	93
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	10	28	12	18	25	93

Додаток В.5

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів вегетації гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередника соняшника, діб (2024 рік)

Варіант	Міжфазні періоди					Тривалість вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна	налив зерна-повна стиглість	
Без обробки (контроль)	9	25	12	17	22	85
Вайбранс РФС (1 л/т)	9	25	12	18	23	87
Редіго (1 л/т)	9	25	12	18	23	87
Сферіко (1 л/т)	9	25	12	17	23	86
Авідо (1 л/т)	9	25	12	17	23	86
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	9	26	12	18	24	89
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	9	26	12	18	23	88
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9	27	12	19	25	92
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	9	27	12	19	24	91
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9	27	12	19	24	91
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	9	26	12	19	24	90
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9	26	12	19	24	90
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	9	26	12	19	24	90
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9	26	12	18	24	89
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	9	26	12	18	24	89

Додаток В.6

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів вегетації гороху залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та попередника соняшника, діб (2025 рік)

Варіант	Міжфазні періоди					Тривалість вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна	налив зерна-повна стиглість	
Без обробки (контроль)	9	26	12	16	21	84
Вайбранс РФС (1 л/т)	9	26	12	17	22	86
Редіго (1 л/т)	9	26	12	17	22	86
Сферіко (1 л/т)	9	26	12	16	22	85
Авідо (1 л/т)	9	26	12	16	22	85
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	9	27	12	17	23	88
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	9	27	12	17	22	87
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9	28	12	18	24	91
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	9	28	12	18	23	90
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9	28	12	18	23	90
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	9	27	12	18	23	89
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	9	27	12	18	23	89
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	9	27	12	18	23	89
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	9	27	12	17	23	88
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	9	27	12	17	23	88

Додаток Д.1

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової та інноваційної діяльності
Дніпровського державного аграрно-економічного університету, доктор сільськогосподарських наук, професор
_____ Юрій ТКАЛІЧ
«__» _____ 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів дисертаційної роботи аспіранта кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету Гудзенка Олександра Григоровича

на тему: **«Удосконалення елементів технології вирощування гороху в Північному Степу України»**

Основні положення наукових досліджень за темою дисертаційної роботи Гудзенка Олександра Григоровича впроваджені в навчальний процес при викладанні навчальних дисциплін «Рослинництво», «Органічне рослинництво» для здобувачів вищої освіти РВО перший (бакалаврський) агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Впровадження наукових досліджень Гудзенка О.Г. довело, що вони можуть використовуватися у навчальному процесі вищих навчальних закладів IV рівня акредитації.

Завідувач кафедри рослинництва,
доктор сільськогосподарських наук,
професор _____ Олександр ЦИЛЮРИК

Декан агрономічного факультету,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент _____ Олександр ІЖБОЛДІН

Додаток Д.2

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ДП «ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України, кандидат с.-г. наук
_____ Ігор КОСТИРЯ
«25» грудня 2025 р.

А К Т
впровадження науково-технічних розробок

1. Найменування господарства – Державне підприємство «Дослідне господарство «Дніпро» Державної установи Інституту зернових культур НААН України
2. Найменування НДР, що проходить виробничу перевірку – Удосконалення елементів технології вирощування гороху в Північному Степу України
3. Автор завершеної НДР – Гудзенко Олександр Григорович, аспірант кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету
4. Виробничу перевірку проводили в Державному підприємстві «Дослідне господарство «Дніпро» ДУ Інституту зернових культур НААН України
5. Відповідальний за виробничу перевірку – аспірант Гудзенко Олександр Григорович, директор ДП «ДГ «Дніпро» ДУ ІЗК НААН України Ігор Васильович Костиря
6. Умови, об'єм і строки перевірки – сорт гороху Мадонна, площа 17 га, 2025 р.
7. Схема досліду і результати перевірки

Господарсько-економічна ефективність вирощування гороху залежно від передпосівної обробки насіння після попередника соняшнику на 1 га (2025 р.)

Схема досліду	Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Без обробки (контроль)	2,36	28320	18910	9410	49,8
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,13	25560	19395	6165	31,8
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,67	32040	19432	12608	64,9
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,79	33480	19798	13682	69,1

Відповідальний за перевірку:

аспірант кафедри Олександр ГУДЗЕНКО

директор, к.с.-г.н. Ігор КОСТИРЯ

Додаток Д.3

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс Добробут»
Юрій КОВАЛЬ
«26» червня 2025 р.

А К Т
впровадження науково-технічних розробок

1. Найменування господарства – товариство з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс Добробут» Синельниківського району Дніпропетровської області
2. Найменування розробки, впроваджується – Вплив передпосівної обробки насіння на врожайність зерна гороху після попереднику соняшнику
3. Автор завершеної розробки – Гудзенко Олександр Григорович, аспірант кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету
4. Впровадження проводили в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс Добробут» Синельниківського району Дніпропетровської області в 2025 році.
5. Відповідальний за впровадження – аспірант Гудзенко Олександр Григорович, директор товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс Добробут» Коваль Юрій Костянтинович
6. Умови, об'єм і строки перевірки – сорт гороху Мадонна, площа 8 га.
7. Оцінка результатів впровадження – Технологія вирощування сорту гороху Мадонна забезпечила підвищення показників врожайності на 0,37 т/га та додаткового прибутку на всю площу 19,3 тис. грн.

Відповідальний за перевірку:
аспірант кафедри Олександр ГУДЗЕНКО

директор Юрій КОВАЛЬ

Додаток Ж.1

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Реакція врожайності зерна гороху на використання інокулянтів і протруйників за різних попередників у степовій зоні України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 49. С. 44–49. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.6 (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті*).

2. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Вплив передпосівної обробки насіння на біометричні показники та врожайність зерна гороху після різних попередників. *Український журнал природничих наук.* 2025. № 12. С. 242–249. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025 (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті*).

3. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Біоенергетичні та економічні параметри оцінки вирощування гороху за різних схем передпосівної обробки насіння та попередників. *Аграрні інновації.* 2025. № 33. С. 85–90. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.14 (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті*).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези і матеріали наукових конференцій

4. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Врожайність зерна гороху залежно від комбінованого застосування інокулянтів і фунгіцидних протруйників. *Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. ювілей. датам від дня народж. фундаторів

захисту і карантину рослин проф. В. Г . Аверіна, Т. Д. Страхова, Й. Т . Покозія та Є. М. Білецького, Харків, 23–24 жовт. 2025 р. / [редкол.: О. В. Романов, І. В. Забродіна, С. В. Станкевич] ; МОН України ; Держ. біотехнол. ун-т ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України [та ін.]. Харків : Право, 2025. С. 82–83. https://doi.org/10.31359/9786178617578 *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

5. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Ефективність інокулянтів і фунгіцидних протруйників при вирощуванні гороху після різних попередників. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «*Аграрна наука: стан та перспективи розвитку»* (м. Одеса, 30–31 жовтня 2025 р.). Одеса : ОДАУ, 2025. С. 129–132. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

6. **Гудзенко О. Г.,** Іжболдін О. О. Оцінка біоенергетичної та економічної ефективності вирощування гороху за різних попередників і технологічних схем передпосівної обробки насіння. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції *«Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2025. С. 15–16. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*