

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЄРМОЛАЄВ ВЯЧЕСЛАВ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК:631.53:633.34

ДИСЕРТАЦІЯ

**ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА
ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО В УМОВАХ
ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

201 «Агрономія»

(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



В.М. Єрмолаєв

Науковий керівник:

Гамаюнова Валентина Василівна

доктор сільськогосподарських
наук, професор

АНОТАЦІЯ

Єрмолаєв В. М. Вплив біостимуляторів та мікроелементів на продуктивність гороху посівного в умовах Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв. 2025.

Горох - одна з найбільш важливих бобових культур у світі, яка має велике значення особливо за виходом цінного рослинного білка. Вирощування гороху в сівозмінах сприяє зниженню витрат на виробництво наступних сільськогосподарських культур, покращує стан ростових процесів рослин, підвищує їх урожайність та продуктивність полів загалом.

За ботанічною класифікацією зернові бобові культури належать до родини бобових (*Fabacea (Leguminosae Juss)*). Рід гороху – *Pisum L.* (підродини лядвенцевих – *Lotoideae*). Найпоширенішим є посівний горох. За даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 19.06.2024 занесено 140 сортів гороху, з яких 69 шт належать гороху посівному (зерновому), - 64 - гороху посівному (овочевому) та 7 шт посівному (озимому).

Україна є перспективною країною щодо нарощування обсягів виробництва гороху. Урожайність його зерна в нашій країні за останні роки зростає та перевищує рівень 2 т/га. Тобто врожайність гороху не поступається за продуктивністю більшості зернових культур. Не дивлячись на те, що в Україні ще незначні площі зайняті цією культурою, порівняно з Канадою, Індією та Китаєм, Україна є одним з провідних експортерів гороху зернового у світі. За обсягами експорту гороху Україна займає значне місце на світовому ринку. Виробництво гороху зернового в Україні постійно зростає, що свідчить про потенціал цього виду продукції для експорту. Це обґрунтовує доцільність вирощування зерна гороху в Україні, збільшення його площ, удосконалення

технологій та про виключну важливість цієї культури у зв'язку з кліматичними змінами.

У формуванні сталої продуктивності сільськогосподарської культури вирішальне значення належить її живленню. Стосується це і бобових рослин. Зокрема горох позитивно реагує на покращення умов живлення. Разом з тим високих доз мінеральних добрив, і особливо азотних, бобові не потребують, адже за таких умов буде знижуватись їх симбіотична діяльність, а врожайність не завжди зростатиме. Ми досліджували вплив оптимізації живлення гороху сорту Мадонна на засадах заощадження ресурсів, а саме за допосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ і проведення обробки насіння Нановіт Мікро та позакореневого підживлення сучасними біопрепаратами і бором на початку бутонізації рослин гороху. Дане питання є актуальним.

Польові дослідження з горохом посівним сорту Мадонна проводили впродовж 2021-2023 рр. на чорноземі південному на дослідних полях Навчально-науково-практичного центру Миколаївського НАУ, що має середню забезпеченість доступним азотом та підвищену рухомим фосфором і обмінним калієм. Горох висівали після пшениці озимої.

Дослідження показали, що загальне використання води горохом посівним значно коливалося залежно від умов зволоження у роки досліджень. Максимальне значення сумарного водоспоживання - $2672 \text{ м}^3/\text{га}$ було визначене у найвологішому 2021 році, тоді як мінімальне - $1416 \text{ м}^3/\text{га}$ у 2022 році, який був найбільш посушливим. Ця значна різниця пояснюється обсягом опадів, що випали протягом вегетаційного періоду. У 2021 році кількість опадів склала $1714 \text{ м}^3/\text{га}$, що становило 64,1% водного балансу, тоді як у 2022 році цей показник становив $683 \text{ м}^3/\text{га}$ або 48,2%. Встановлено кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю зерна та сумарним водоспоживанням посівів гороху, який свідчить про наявність сильного функціонального зв'язку між зазначеними чинниками.

Коефіцієнт водоспоживання залежав від умов років вирощування, інокуляції насіння та фону живлення рослин. Найбільш економно витрачалась

волога на формування 1т врожаю зерна з відповідною кількістю біомаси у найбільш несприятливому за зволоженням 2022 р. Максимальні значення визначено в 2021 році, у якому воно залежно від створених фонів живлення було істотно більшим. Значною мірою на коефіцієнт водоспоживання впливали мінеральні добрива та обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро. Досліджувані фактори сприяли значно ефективнішому витрачання вологи рослинами посіву гороху на формування одиниці врожаю.

Встановлено, що у рослин неудобреного контролю за обробки насіння перед сівбою загальний період вегетації склав 77, а за обробки насіння Нановітом – 78 діб. У разі застосування оптимізації живлення рослин шляхом внесення перед сівбою $N_{15}P_{15}K_{15}$, проведення позакореневого підживлення рослин на початку бутонізації та за поєднання зазначених елементів за обробки насіння водою вегетація тривала в середньому 81, а Нановітом – 84 дні. Тобто порівняно з контролем визначено її подовження на 4-6 діб. Разом з тим, найбільш тривалою вегетація гороху була у відповідно найсприятливішому за зволоженням 2021 році – у контролі вона склала 80-82 дні, а по фоні оптимізації живлення - 84-87 діб.

Визначено, що по всіх варіантах поліпшення умов живлення рослин по фоні обробки насіння перед сівбою водою виживаність їх збільшилася у середньому на 4,6%, а Нановітом – на 5,1%. На кількість рослин на передзбиральний період найсприятливіше впливало позакореневе підживлення бором як окремо, так і сумісно з допосівним внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$. Максимальною виживаність рослин гороху – 97,1% у середньому за всі роки вирощування визначена у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ + бор 1 л/га по фоні передпосівної обробки насіння Нановітом.

В результаті досліджень виявлено, що елементи технології взяті на дослідження, значно збільшували надземну біомасу рослин гороху. Кількість її на передзбиральний період за впливу ресурсозберігаючої оптимізації живлення значно зросла порівняно з контрольним варіантом. Лише обробка насіння призвела до збільшення кількості накопиченої сухої речовини на

10,4%, а поєднання досліджуваних заходів до ще більш значного зростання - до максимальних 58,5% порівняно з контролем. Найбільше утворено біомаси рослинами варіантів, де поєднували обробку насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення Нановітом у дозі 1 л/га. Між рівнями врожаю зерна та накопиченої біомаси, яка залишалася у ґрунті як свіжа органічна речовина, визначено тісну кореляційну залежність.

Загальна кількість бульбочок упродовж періоду вегетації була значно більшою, ніж активних. Це може бути пов'язано з високим температурним режимом та не завжди оптимальним забезпеченням ґрунту вологою для їх ефективної роботи. За допомогою симбіотично фіксованого азоту та вмісту його в надземній біомасі, ґрунт може поповнитися від 73,2 до 110,0 кг/га біологічного азоту. Приріст його порівняно з контрольним варіантом коливався в межах від 19,7 до 60,3%. Це є виключно важливою ознакою для збагачення ґрунту безкоштовним біологічним азотом, цінною свіжою органічною речовиною та загальним позитивним впливом на основні показники родючості.

Кількість біомаси на передзбиральний період за впливу ресурсощадної оптимізації живлення порівняно з контрольним варіантом істотно зростала. Лише за обробки насіння вихід сухої речовини збільшився на 10,4%, а за поєднання заходів він зростав значно інтенсивніше – до максимального значення 58,5% до контролю. Найбільшим утворенням біомаси характеризувався варіант поєднання обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення Нановітом 1 л/га. Між рівнями врожаю зерна та накопиченої біомаси, яка залишається у ґрунті в якості свіжої органічної речовини, визначено тісну кореляційну залежність.

У роки вирощування за обробки насіння перед сівбою водою у контролі кількість бобів у середньому склала 4,3, а в найбільш оптимальному варіанті досліді вона збільшилась до 4,7-4,8 шт/рослину. При цьому найменше бобів на рослинах гороху впродовж наших досліджень утворилося у найбільш посушливому 2022 році вирощування: у межах 2,58-3,13 штук.

Встановлено, що з проведенням передпосівної обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та позакореневого підживлення посіву рослин на початку бутонізації, а особливо за поєднання цих елементів, збільшувались й такі важливі складові структури врожаю, як кількість зерен у бобі та їх кількість, що утворилась на 1 рослину гороху посівного. Якщо у контролі за обробки насіннєвого матеріалу водою кількість зерен у бобові в середньому за роки досліджень склала 5,8 шт, то за поєднання факторів оптимізації живлення вона зросла до 6,4-6,5 штук. Аналогічно у зазначених варіантах змінювалась і кількість зерен на 1 рослину: 25,1 шт у контролі та до 30,7-31,2 шт відповідно кращих варіантів. Зазначені отримані нами результати звісно ж вплинули і на масу зерна з 1 рослини гороху посівного та масу 1000 зерен. За поєднання досліджуваних факторів ці показники також зросли відносно контролю.

За даними проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння препаратом, допосівне внесення комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення сучасними біопрепаратами і мікроелементами, позитивно позначилось на рівнях урожайності зерна. Визначено, що лише передпосівна обробка насіння забезпечує підвищення врожайності зерна на 7,5 % у контролі та до 10,5 % залежно від варіанту удобрення. За поєднання внесення комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$, обробки насіння перед сівбою та проведення позакореневого підживлення врожайність зростає на 31,6-43,3 %. Зазначене засвідчує доцільність впровадження ресурсоощадної оптимізації живлення з використанням для позакореневої обробки посівів гороху Нановіт Мікро (1л/га), Органік Д-2М (2 л/га) та бору (1 л/га) у фазу початку бутонізації. Витрати на проведення таких заходів у складі елементів технології є незначним, а прирости врожаю формуються істотними. До того ж встановлено, що чим вищою є сформована врожайність зерна, тим більше буде залишатись післязбиральних залишків та біологічно фіксованого азоту в ґрунті.

Досліджувані елементи технології позначилися і на основних показниках якості зерна гороху посівного. Максимальним вміст білка у зерні

гороху у середньому за 2021 -2023 рр. вирощування виявився за сумісної дії обробки насіння Нановітом і проведення підживлення по фоні передпосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$, де визначено 22,5% білка, тоді як у контролі він склав 22,2%, а в абсолютному контролі - 21,3%. На вмісті білка в зерні гороху посівного істотно позначалися погодно-кліматичні умови років вирощування: найменше його накопичено за проведення досліджень у найбільш сприятливому за кількістю опадів 2021 році. На нашу думку, це обумовлено достатнім запасом вологи в ґрунті на період дозрівання зерна. Вегетація у цьому році була тривалішою, порівняно з наступними роками досліджень. Мікробіологічні процеси у тому числі і фіксація біологічного азоту на період завершення дозрівання були по суті призупинені, що пов'язано і з певним ущільненням верхніх шарів ґрунту.

З аналогічною залежністю змінювалася і маса 1000 насінин гороху.

Обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ і проведення позакореневого підживлення Нановітом, Органік Д-2М та бором, як окремо й особливо за поєднання заходів, сприяє збільшенню умовного збору білка з 1 га посіву від 0,33 до 0,55 т/га.

Економічними розрахунками доведено, що максимальною вартість валової продукції по 22,8 тис. грн/га сформувалася у варіантах із внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М. Умовний чистий прибуток, який відноситься до найважливіших економічних показників ефективності виробництва гороху та інших с.-г. культур, максимальної величини – 13,9 тис. грн/га сягнув у варіантах із обробкою насіння Нановіт Мікро та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М і $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор варіантах фону живлення. У контролях досліджуваних варіантів цей показник зменшився у рази – до 7,1 тис. грн/га.

Застосування факторів, взятих на дослідження, є доцільним та економічно вигідним. Порівняно з контролем за оптимізації живлення гороху забезпечується висока окупність препаратів і $N_{15}P_{15}K_{15}$ додатково сформованим урожаєм: на одиницю діючої речовини мінеральних добрив – 6,89-10,44 кг/кг, Нановіту в межах 500-740 кг зерна/л; Органік Д-2М – від 235

до 335 кг зерна/л, а бору – від 440 до 710 кг/л залежно від поєднання факторів. Показники окупності досліджуваних препаратів відносно фону внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ були меншими, але також значними.

Обґрунтовані нами підходи до оптимізації живлення гороху посівного окрім заощадження витрат на вирощування, є екологічними і їх успішно можна застосовувати в органічному землеробстві.

Ключові слова: горох посівний сорту Мадонна, передпосівна обробка насіння, комплексне мінеральне добриво, мікродобрива, ресурсоощадне живлення, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, симбіотична фіксація, кількість та маса бульбочок, суха надземна біомаса, надходження азоту, структура врожаю, окупність факторів живлення, урожайність і якість зерна, кореляційний зв'язок, економічна та енергетична ефективність.

ANNOTATION

Yermolayev V. M. Influence of biostimulants and micronutrients on the productivity of field peas in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. - Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Agriculture, specialty 201 Agronomy (20 Agricultural sciences and food). Mykolaiv National Agrarian University. Mykolaiv. 2025.

Peas are one of the most important leguminous crops in the world, and they are particularly significant for producing valuable plant protein. Cultivating peas in crop rotations helps reduce costs for the production of subsequent agricultural crops, improves the condition of plant growth processes, and increases their yield and overall field productivity.

According to botanical classification, grain legumes belong to the Fabaceae (Leguminosae Juss) family. The genus of peas is *Pisum* L. (subfamily Lotoideae). The most common is field pea. According to the State Register of Plant Varieties suitable for distribution in Ukraine as of 19.06.2024, 140 pea varieties are listed,

including 69 field pea varieties (grain), 64 vegetable pea varieties, and 7 winter pea varieties.

Ukraine is a promising country for increasing pea production volumes. The grain yield of peas in our country has been increasing in recent years and exceeds 2 t/ha. This means that the yield of peas is not inferior in productivity to most grain crops. Despite the fact that Ukraine has relatively small areas occupied by this crop compared to Canada, India, and China, Ukraine is one of the leading exporters of grain peas in the world. Ukraine holds a significant position in the pea export market. The production of grain peas in Ukraine is constantly growing, indicating the potential of this type of production for export. This demonstrates the expediency of cultivating grain peas in Ukraine, expanding its acreage, improving technologies, and the exceptional importance of this crop in light of climate change.

The nutrition of agricultural crops plays a crucial role in achieving sustainable productivity, including leguminous plants. Peas, in particular, respond positively to improved nutrition conditions. However, leguminous plants, including peas, do not require high doses of mineral fertilizers, especially nitrogen, as this can reduce their symbiotic activity and not always lead to increased yield. We studied the influence of optimizing the nutrition of Madonna pea variety based on resource-saving principles, namely pre-sowing application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ and seed treatment with Nanovit Micro, as well as foliar feeding with modern biopreparations and boron at the beginning of pea plant budding. This issue is relevant.

Field studies on the sowing pea variety Madonna were conducted from 2021 to 2023 on the chernozem soil of the Southern Research Fields of the Educational-Scientific-Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University, which has moderate nitrogen availability and increased mobile phosphorus and exchangeable potassium. Peas were sown after winter wheat.

The research showed that the overall water usage by the sowing peas varied significantly depending on the moisture conditions during the years of the study. The maximum total water consumption of 2672 m³/ha was recorded in the wettest year, 2021, while the minimum of 1416 m³/ha was observed in 2022, which was the driest

year. This significant difference is attributed to the amount of precipitation during the growing season. In 2021, the precipitation amounted to 1714 m³/ha, accounting for 64.1% of the water balance, whereas in 2022, this figure was 683 m³/ha or 48.2%.

A correlation-regression relationship was established between grain yield and total water consumption of pea crops, indicating a strong functional connection between these factors. The water consumption coefficient depended on the growing conditions, seed inoculation, and plant nutrition background. The most efficient use of moisture for producing 1 ton of grain yield with the corresponding amount of biomass was observed in the least favorable in terms of moisture, 2022. Maximum values were recorded in 2021, where it was significantly higher depending on the created nutrition backgrounds.

To a large extent, mineral fertilizers and seed treatment with Nanovit Micro before sowing influenced the water consumption coefficient. The studied factors contributed to a significantly more efficient use of water by pea crops in forming unit yield.

It has been established that in plants without fertilization, the total vegetation period was 77 days for seed treatment with water before sowing and 78 days for seed treatment with Nanovit. When optimizing plant nutrition by applying N₁₅P₁₅K₁₅ before sowing, foliar feeding at the beginning of budding, and combining these elements with seed treatments with water, the average vegetation period was 81 days, and with Nanovit, it was 84 days. This indicates an extension of 4-6 days compared to the control. However, the longest vegetation period for peas was in the most favorable in terms of moisture in 2021, where it was 80-82 days in the control and 84-87 days with optimized nutrition.

It was determined that in all variants of improving plant nutrition with seed treatment before sowing with water, plant survival increased on average by 4.6%, and with Nanovit by 5.1%. The number of plants during the pre-harvest period was most positively influenced by foliar feeding with boron both separately and in combination with additional N₁₅P₁₅K₁₅ application. The maximum plant survival rate for peas, averaging 97.1% over the years of cultivation, was observed in the variant

$N_{15}P_{15}K_{15}$ + boron 1 l/ha in combination with pre-sowing seed treatment with Nanovit.

As a result of the research, it was found that the elements of the technology under study significantly increased the aboveground biomass of pea plants. The amount of biomass during the pre-harvest period significantly increased under the influence of resource-saving nutrition optimization compared to the control variant. Seed treatment alone led to a 10.4% increase in accumulated dry matter, while the combination of the studied measures resulted in even more significant growth — up to a maximum of 58.5% compared to the control. The most biomass was formed in variants where seed treatment, $N_{15}P_{15}K_{15}$ application, and foliar feeding with Nanovit at a dose of 1 l/ha were combined. A close correlation was determined between grain yield levels and accumulated biomass remaining in the soil as fresh organic matter.

The total number of nodules during the vegetation period was significantly higher than active ones. This may be due to high temperature regimes and not always optimal soil moisture content for their effective functioning. With symbiotically fixed nitrogen and its content in aboveground biomass, the soil can be enriched with biological nitrogen from 73.2 to 110.0 kg/ha. The increase compared to the control variant ranged from 19.7 to 60.3%. This is an extremely important feature for enriching the soil with free biological nitrogen, valuable fresh organic matter, and an overall positive impact on key fertility indicators.

The amount of biomass during the pre-harvest period significantly increased under the influence of resource-saving nutrition optimization compared to the control variant. Seed treatment alone led to a 10.4% increase in accumulated dry matter, while the combination of measures resulted in even more intense growth - up to a maximum of 58.5% compared to the control. The variant combining seed treatment, $N_{15}P_{15}K_{15}$ application, and foliar feeding with Nanovit at a dose of 1 l/ha was characterized by the highest biomass formation. A close correlation was determined between grain yield levels and accumulated biomass remaining in the soil as fresh organic matter.

In the years of cultivation, for seed treatment with water before sowing, the average number of pods in the control was 4.3, while in the most optimal experimental variant, it increased to 4.7-4.8 pods per plant. The lowest number of pods on pea plants during our research was observed in the driest year of cultivation in 2022, ranging from 2.58 to 3.13 pods per plant.

It has been established that with the implementation of pre-sowing seed treatment, application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ fertilizer, and foliar feeding of plants at the beginning of budding, especially in combination, important components of crop structure such as the number of grains per pod and their quantity per pea plant increased. In the control group where seed treatment with water was used, the average number of grains per pod over the years of the study was 5.8, while with the combination of nutritional optimization factors, it increased to 6.4-6.5. Similarly, the number of grains per plant also varied in these specified variants: 25.1 in the control group and up to 30.7-31.2 in the better-performing variants. These results also influenced the weight of grain per pea plant and the weight of 1000 grains positively compared to the control.

According to the conducted research, it was found that pre-sowing seed treatment, post-sowing application of complex mineral fertilizer $N_{15}P_{15}K_{15}$, and foliar feeding with modern bio-preparations and micronutrients had a positive impact on grain yield levels. It was determined that only pre-sowing seed treatment led to an increase in grain yield by 7.5% in the control group and up to 10.5% depending on the fertilization variant. When combining the application of complex mineral fertilizer $N_{15}P_{15}K_{15}$, seed treatment before sowing, and foliar feeding, grain yield increased by 31.6-43.3%. This indicates the effectiveness of implementing resource-saving nutritional optimization using Nanovit (1 l/ha), Organic D-2M (2 l/ha), and boron (1 l/ha) for pea crop treatment at the beginning of budding. The costs of implementing these measures as part of the technology are insignificant, while the yield increases are substantial. Additionally, it was found that the higher the grain yield formed, the more post-harvest residues and biologically fixed nitrogen will remain in the soil.

The investigated elements of the technology also had an impact on the main indicators of seed quality in field peas. The highest protein content in pea grain on average for the years 2021-2023 was found under the combined action of seed treatment with Nanovit and foliar feeding against the background of pre-sowing application of $N_{15}P_{15}K_{15}$, where protein content was determined to be 22.5%, compared to 22.2% in the control and 21.3% in the absolute control. The protein content in field pea grain was significantly influenced by the weather and climatic conditions of the cultivation years: the least accumulation was observed during research conducted in the most precipitation-favorable year of 2021. In our opinion, this is due to sufficient soil moisture during the grain ripening period. Vegetation in this year was longer compared to the following years of research. Microbiological processes, including biological nitrogen fixation, essentially ceased by the end of ripening, likely due to some compaction of the upper soil layers.

A similar dependency was observed in the weight of 1000 pea seeds. Seed treatment with Nanovit before sowing, application of $N_{15}P_{15}K_{15}$, and foliar feeding with Nanovit, Organic D-2M, and boron, both individually and in combination, contributed to an increase in the estimated protein yield per hectare from 0.33 to 0.55 tons per hectare.

Economic calculations have shown that the maximum gross production value of 22.8 thousand UAH per hectare was achieved in variants with the application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Nanovit and $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Organic D-2M. The conditional net profit, which is one of the most important economic indicators of pea production efficiency and other agricultural crops, reached a maximum value of 13.9 thousand UAH per hectare in variants with seed treatment using Nanovit Micro and $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Organic D-2M, as well as $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Boron in the background nutrition variants. In the control groups of the investigated factors, this indicator decreased significantly to 7.1 thousand UAH per hectare.

The application of the factors under investigation is justified and economically beneficial. Compared to the control for optimizing pea nutrition, a high efficiency of the preparations and $N_{15}P_{15}K_{15}$ is ensured with additional yield

formation: for one unit of active substance of mineral fertilizers - 6.89-10.44 kg/kg, Nanovit within the range of 500-740 kg grain/l; Organic D-2M - from 235 to 335 kg grain/l, and boron - from 440 to 710 kg/l depending on the combination of factors. The cost-effectiveness indicators of the investigated preparations relative to the background application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ were lower but still significant.

Our approaches to optimizing field pea nutrition, besides saving costs on cultivation, are ecological and can be successfully applied in organic farming.

Keywords: *field pea Madonna variety, pre-sowing seed treatment, complex mineral fertilizer, micronutrients, resource-efficient nutrition, total water consumption, water consumption coefficient, symbiotic fixation, number and weight of nodules, dry aboveground biomass, nitrogen uptake, crop structure, cost-effectiveness of nutrition factors, grain yield and quality, correlation relationship, economic and energy efficiency.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Yermolaiev V. M., Gamajunova V. V.** Modern trends in pea cultivation in Ukraine and the world. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 136. Ч. 1. 336 с. С. 106–116. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.15> (Здобувачем проаналізовано огляд літературних джерел, площі та рівні урожаю гороху в Україні та країнах світу, узагальнено отриманий матеріал та написано статтю).

2. Гамаюнова В. В., **Єрмолаєв В. М.** Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*, №23. 2024. С. 228–233. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33> (Здобувачем проведено польові дослід з горохом, узагальнено результати досліджень, сформульовано висновки і рекомендації).

3. Гамаюнова В. В., **Єрмолаєв В. М.**, Бакланова Т. В. Окремі фенологічні показники та врожайність гороху посівного за впливу обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2024. Випуск 104. Частина 1. С331–342. DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-104-1-331-342> (Здобувачем проведено польові дослід з горохом, узагальнено результати досліджень, сформульовано висновки, рекомендації та написано статтю).

4. 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. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.1> (Здобувачем проведено

польові дослід з горохом, узагальнено результати досліджень, сформульовано висновки і рекомендації).

5. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Поліпшення ґрунтової родючості шляхом вирощування бобових культур. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія, Вип. 56 №2, 2024. С. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.2.3>*

6. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування. *Аграрні інновації, №26. 2024. С. 15–21. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.2>. Здобувачем проведено польові дослід з горохом, узагальнено результати досліджень, сформульовано висновки і рекомендації).*

Матеріали науково-практичних конференцій

7. Воронкова Г. М., Єрмолаєв В. М., Гамаюнова В. В. Перспективи вирощування бобових культур в Україні. Матеріали доповідей III міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 75-ти річчя від дня народження професора Валентини Василівни Калитки «Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату» (26 травня 2021 року) Мелітополь, 2021. С. 39–41.

8. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Воронкова Г. М., Бакланова Т. В., Сидякіна О. В. Бобові рослини в екологічному землеробстві. Кліматичні зміни та сільське господарство. *Виклики для аграрної науки та освіти: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, 15 листопада 2022 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2022. 170 с. С.77–79. (Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*
URL:<https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9933?show=full>

9. Воронкова Г. М., Єрмолаєв В. М., Павлов В. О., Гамаюнова В. В. Можливість покращення стану родючості ґрунту в умовах півдня України на засадах екологізації та ресурсозбереження. *Сучасні аспекти підвищення продуктивності та адаптивного потенціалу у контексті європейського зеленого курсу* : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-річчю від дня заснування Миронівського інституту пшениці

імені В. М. Ремесла НААН. 135 – річчю від дня народження Єремєєва І. М., 125- річчю від дня народження Фрідріха А.Й., 115-річчю від дня народження Ремесла В.М. – с. Центральне, 16 листопада 2022. С. 170–171.

10. Гамаюнова В. В., **Єрмолаєв В. М.**, Бакланова Т. В. Бобові на півдні, сучасні підходи до вирощування. *Modern tools and methods of scientific investigations: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference*, May 26, 2023. Antwerp, Kingdom of Belgium: European Scientific Platform. С.59–63. <https://doi.org/10.36074/scientia-26.05.2023> ISBN: 979-8-88955-777-7 (Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).

11. **Єрмолаєв В. М.**, Гамаюнова В. В. Екологічні аспекти використання гороху. *Екологія – філософія існування людства: матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених*. м. Київ, 24-25 квітня 2024 р., НУБіП України. Київ, 2024. С. 93–94. (Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези). URL:https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/zbirnik_filosofiya_2024.pdf

12. Гамаюнова В. В., **Єрмолаєв В. М.**, Бакланова Т. В. Симбіотична активність бульбочкових бактерій рослин гороху посівного за впливу оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри*. Міжнародний форум = Food security of Ukraine in the conditions of the war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 30-31 травня 2024 р.) / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 31–34. DOI: <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-78-0-8>. (Здобувач отримав експериментальні дані, опрацював їх та підготував тези).

13. Гамаюнова В., **Єрмолаєв В.**, Бакланова Т. Бобові як джерело азоту для органічного землеробства і продовольчої безпеки. Збірник праць учасників ХІ міжнародної науково-практичної конференції «Органічне

виробництво і продовольча безпека» (23-24 травня 2024 року). Житомир, 2024 С. 94–98. (Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).
URL:<https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9925?show=full>

14. **Єрмолаєв В. М.**, Гамаюнова В. В., Бакланова Т. В. Окупність складових оптимізації живлення гороху приростом урожаю зерна за вирощування в умовах південного степу України. *Proceedings of the 6th International Scientific Conference «Interdisciplinary Science Studies»* (June 27-28, 2024). Dublin, Ireland, 2024. С.81–85. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12601920> (Здобувачем узагальнено експериментальні данні, підготовлено матеріали до друку, написано тези).

15. Гамаюнова В. В. **Єрмолаєв В. М.** Зернобобові в екологічному землеробстві. *Інноваційні технології в рослинництві*. VII всеукраїнська наукова інтернет-конференція 25 квітня 2024 р., м. Кам'янець Подільський, 2024. С.30–32. (Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).

16. Гамаюнова В. В., Манушкіна Т. М., **Єрмолаєв В. М.**, Карпов Е. В. Бобові як екологічний фактор оптимізації ґрунтової родючості, збільшення врожаю та ефективності водоспоживання рослин гороху. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва* : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 119–122. (Здобувачем отримано частину експериментального матеріалу, на основі якого підготовані тези).
URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/17276/1/119-122.pdf>

17. В. В. Гамаюнова, Л. Г. Хононенко, **В. М. Єрмолаєв**, Т. В. Бакланова. Парадигми збереження і оздоровлення ґрунтів зони Південного Степу України у воєнний та повоєнний періоди. Охорона ґрунтів. спеціальний випуск матеріали міжнародної науково-практичної конференції «моніторинг ґрунтів. реалії, виклики, перспективи» З нагоди 60-річчя агрохімічної служби України 25.07.2024. С. 188-192. Київ 2024.
URL:<https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/5817/recent-submissions?offset=320> (Здобувачем написано тези).

БАКТЕРІЙ РОСЛИНАМИ ТА ВПЛИВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО НА ОЗНАКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ....	102
4.1. Тривалість міжфазних періодів вегетації гороху посівного за впливу ресурсощадних підходів до оптимізації живлення.....	102
4.2. Особливості формування симбіотичного апарату бульбочкових бактерій рослинами гороху посівного і вплив культури на ознаки родючості ґрунту залежно від оптимізації живлення та обробки насіння препаратом Нановіт Мікро.....	111
4.3. Накопичення сухої надземної біомаси рослинами гороху посівного залежно від досліджуваних елементів технології.....	123
Висновки до розділу 4.....	126
Публікації за розділом 4.....	127
РОЗДІЛ 5 ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ КУЛЬТУРИ НА ЗАСАДАХ РЕСУРСОЗБЕРЕ- ЖЕННЯ.....	129
5.1. Структура врожаю гороху посівного і її залежність від передпосівної обробки насіння та елементів оптимізації живлення.....	129
5.2. Вплив досліджуваних факторів на врожайність гороху посівного.....	135
5.3. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування.....	141
Висновки до розділу 5.....	149
Публікації за розділом 5.....	151

РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ.....	153
6.1.	Економічний аналіз досліджуваних елементів технології вирощування гороху посівного сорту Мадонна	156
6.2.	Окупність складових оптимізації живлення гороху приростом урожаю зерна за вирощування в умовах Південного Степу України.....	163
6.3.	Енергетична ефективність досліджуваних елементів технології вирощування гороху.....	168
	Висновки до розділу 6.....	176
	Публікації за розділом 6.....	179
	ВИСНОВКИ.....	180
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	185
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	186
	ДОДАТКИ.....	224

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Горох (*Pisum sativum*) є однією з найбільш екологічно стійких культур, що має великий потенціал вирощування як в Україні, так і в світі. У цієї культури багато переваг, які роблять її привабливою для фермерів та споживачів.

Горох є однією з найбільш екологічно стійких культур. Вирощування гороху сприяє збереженню родючості ґрунту, оскільки його коренева система накопичує азот із повітря і покращує його структуру. Горох також добре витримує низькі температури, його можна вирощувати, як основну, так і повторну (післяжнивну) культуру в посушливих регіонах [83, 90, 96, 146, 150].

Крім того, горох має велике значення як культура, що забезпечує харчову та кормову промисловість. Горох є одним з найбагатших джерел рослинного білка та має важливе значення для харчування людей. Вміст білка в зерні гороху може сягати 20-30%, що є досить важливим. Висока концентрація амінокислот, включаючи лізин, метіонін та цистин визначають горох повноцінним джерелом білка. В останні роки зростає зацікавленість до здорового способу життя, що збільшує попит на рослинний білок. Горох, як культура з високим вмістом рослинного білка, може задовольнити цей попит і стати конкурентоспроможною альтернативою м'ясу [57, 75, 194].

Крім харчової, горох використовують у фармацевтичній та кормовій промисловостях. Зерна гороху застосовують для виробництва консервів, м'ясних замінників, макаронних виробів та інших продуктів. Крім того, горох слугує кормовою добавкою для тварин, що збагачує їх раціон рослинним білком [19, 63, 135, 175].

Вирощування гороху може сприяти розвитку сільськогосподарського сектору. Ця культура надає фермерам нові можливості для вирощування та збуту продукції. Нарощування виробництва гороху може збільшувати прибутковість господарств та стимулювати економічний розвиток сільських районів [4, 64, 78, 146, 174, 234].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертація виконана згідно тематики науково-дослідної роботи Миколаївського національного аграрного університету «Застосування інноваційних комплексних технологій живлення польових культур у сівозмінах зони Степу України» (№ держреєстрації: 0117U000486) та «Дослідити закономірності змін основних показників родючості ґрунту і ростових процесів рослин за оптимізації систем обробітку ґрунту, удобрення та удосконалити елементи системи ведення землеробства за зміни клімату в умовах Південного Степу України» (№ держреєстрації: 0123U101269).

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень передбачали визначити реакцію рослин гороху посівного на оптимізацію живлення на засадах ресурсозбереження та вплив на формування врожаю і якості зерна. Передбачали виявити особливості росту й розвитку гороху сорту Мадонна в умовах Південного Степу України. Удосконалення системи живлення базувалось на допосівному внесенні комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$, обробці насіння до сівби Нановіт Мікро та проведенні позакореневого підживлення посіву рослин сучасними біопрепаратами й мікродобривом (бором) на початку бутонізації.

Для вирішення поставленої мети передбачали вирішити наступні завдання:

- провести аналіз наявної наукової інформації стосовно перспектив та актуальності вирощування гороху посівного в Україні та світі;
- визначити сумарне водоспоживання та коефіцієнт водоспоживання залежно від умов років вирощування та досліджуваних факторів;
- встановити вплив ресурсоощадного живлення, як одного з основних елементів технології, на тривалість міжфазних періодів та загальної вегетації гороху, виживаність рослин, кількість, масу бульбочок на коренях гороху посівного;

- визначити наростання надземної біомаси рослин та загальну кількість можливого надходження азоту в ґрунт після збирання гороху;
- виявити вплив передпосівної обробки насіння Нановіт Мікро та оптимізації живлення на особливості формування елементів структури врожаю гороху;
- визначити процеси формування зернової продуктивності сорту гороху Мадонна залежно від досліджуваних елементів;
- встановити вплив передпосівної обробки насіння, оптимізації живлення та років проведення досліджень на рівні врожаїв зерна, вміст білка у зерні та його умовний збір з одиниці площі;
- визначити окупність складових з оптимізації живлення додатково сформованим урожаєм гороху;
- розрахувати економічну та енергетичну ефективність вирощування гороху;
- обґрунтувати отримані результати досліджень та на їх основі надати рекомендації виробництву.

Об'єкт дослідження - процес формування продуктивності гороху посівного сорту Мадонна за впливу оптимізації живлення культури на засадах заощадження ресурсів, а саме за допосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ і проведення обробки насіння і позакореневого підживлення сучасними біопрепаратами та мікроелементом.

Предмет дослідження - горох сорту Мадонна, елементи системи удобрення, обробка насіння Нановіт Мікро, позакореневе підживлення біопрепаратами та мікродобривом, урожайність і якість зерна.

Методи дослідження: Вирішення поставлених завдань здійснювали за допомогою використання *загальнонаукових методів дослідження*:

Гіпотеза - припущення, які ми перевіряли в досліді;

Експеримент — наш дослід є провідним методом агрономічних досліджень разом з висуванням гіпотез та спостереженнями;

Спостереження – за настанням основних періодів вегетації та ростовими процесами рослин гороху залежно від умов року вирощування та досліджуваних факторів.

Візуальний – для здійснення фенологічних спостережень;

Кількісний – для визначення польової схожості та виживаності рослин;

Метод монолітів – для визначення симбіотичної продуктивності рослин гороху;

Метод пробного снопа – для встановлення елементів структури врожаю та індивідуальної продуктивності рослин;

Ваговий – для встановлення урожайності зерна та маси 1000 насінин;

Синтез – для обґрунтування рекомендацій виробництву.

Спеціальних:

Польовий – для дослідження взаємозв'язку об'єкта з біотичними та абіотичними чинниками в умовах зони вирощування;

Лабораторний – для аналізу показників якості зерна;

Для аналізу й узагальнення експериментальних даних

Математичний та статистичний – для визначення достовірності отриманих результатів;

Кореляційний – для визначення залежності та взаємозв'язку між окремими показниками;

Розрахунковий та порівняльно-обчислювальний – для визначення економічної та енергетичної ефективності досліджуваних елементів технології.

Наукова новизна результатів дослідження полягала в теоретичному обґрунтуванні та практичній розробці елементів технології вирощування гороху посівного сорту Мадонна залежно від обробки насіння перед сівбою мікродобривом Нановіт Мікро та проведення позакореневого підживлення досліджуваними препаратами і бором на засадах ресурсозбереження на чорноземі південному в умовах Південного Степу України з урахуванням впливу культури гороху на ознаки родючості ґрунту.

вперше в умовах Південного Степу України розроблено ресурсоощадні елементи технології за вирощування гороху посівного сорту Мадонна з метою формування сталої продуктивності зерна, ощадливого використання вологи рослинами та впливу цієї бобової культури на основні ознаки родючості ґрунту;

удосконалено технологічні заходи живлення рослин гороху на засадах заощадження ресурсів, а саме: обробки насіння перед сівбою Нановіт Мікро, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення досліджуваними препаратами і бором з метою забезпечення сталого рівня врожаю гороху за найвищої економічної ефективності;

набули подальшого розвитку рекомендації вирощування гороху посівного як цінної бобової культури, що забезпечує підтримання позитивного азотного балансу в землеробстві, підвищення родючості ґрунтів і отримання стабільних рівнів урожаю зерна без негативного впливу на навколишнє середовище.

Практичне значення результатів дослідження.

Дослідженнями з горохом визначено, що оптимізація живлення культури на засадах ресурсозбереження, а саме: обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення дозволяє підвищити врожайність зерна з 1,55 т/га у контролі до 2,45 т/га в кращих варіантах поєднання факторів та забезпечується висока окупність добрива, біопрепаратів і бору додатково сформованим урожаєм: на одиницю діючої речовини мінеральних добрив – 6,89-10,44 кг/кг, Нановіту в межах 500-740 кг зерна/л; Органік Д-2М – від 235 до 335 кг зерна/л, а бору – від 440 до 710 кг/л залежно від поєднання факторів.

Досліджувані елементи дозволяють істотно збільшити накопичення надземної біомаси рослин, кількість бульбочкових бактерій на коренях гороху та посилити симбіотичну фіксацію азоту, за допомогою якого та вмісту його в надземній біомасі, ґрунт може поповнитися від 73,2 до 110,0 кг/га біологічного азоту. Це є виключно важливою ознакою для безкоштовного збагачення ґрунту

біологічним азотом, цінною свіжою органічною речовиною та загальним позитивним впливом на основні показники родючості. Зростання продуктивності гороху посівного за впровадження удосконалених заходів підтверджено у виробничих дослідах (ФГ «Синюха» Баштанського району та ФГ «Олена» Вознесенського району Миколаївської області).

Особистий внесок здобувача. Участь у розробці гіпотези наукового дослідження, складанні програми досліджень, аналізі та узагальненні наукової інформації відповідно до теми дисертації, закладанні досліду, проведенні польових обліків та спостережень, відборі і аналізі снопових зразків рослин, обґрунтуванні, статистичній обробці, обґрунтуванні висновків, апробації, впровадженні отриманих результатів у виробничих умовах, підготовці публікацій результатів дослідження та написанні дисертації.

Апробація матеріалів дисертації. Результати представленого наукового дослідження доповідалися на:

- ✓ III Міжнародній науково-практичній конференції з нагоди 75-ти річчя від дня народження професора Валентини Василівни Калитки *«Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату»* (26 травня 2021 року) Мелітополь, 2021;
- ✓ V Міжнародній науково-практичній конференції *«Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти»*, 15 листопада 2022 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2022;
- ✓ Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 110-річчю від дня заснування Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН. 135 – річчю від дня народження Єремєєва І. М., 125-річчю від дня народження Фрідріха А. Й., 115-річчю від дня народження Ремесла В. М. *«Сучасні аспекти підвищення продуктивності та адаптивного потенціалу у контексті європейського зеленого курсу»* – с. Центральне, 16 листопада 2022. С. 170-171.
- ✓ *I International Scientific and Theoretical Conference. «Modern tools and methods of scientific investigations: collection of scientific papers*

«*SCIENTIA*» with *Proceedings*», May 26, 2023 Antwerp, Kingdom of Belgium: European Scientific Platform.

- ✓ X Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «*Екологія – філософія існування людства*», 24-25 квітня 2024 р., НУБіП України. Київ, 2024.
- ✓ Міжнародному форумі = Food security of Ukraine in the conditions of the war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum «*Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри*», м. Миколаїв, 30-31 травня 2024 р.
- ✓ XI міжнародній науково-практичній конференції «*Органічне виробництво і продовольча безпека*», 23-24 травня 2024 року. Житомир, 2024.
- ✓ 6th International Scientific Conference «*Interdisciplinary Science Studies*», June 27-28, 2024. Dublin, Ireland, 2024.
- ✓ VII всеукраїнській науковій інтернет-конференції «*Інноваційні технології в рослинництві*», 25 квітня 2024 р., м. Кам'янець Подільський, 2024.
- ✓ всеукраїнській науково-практичній конференції «*Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва*», 21-22 березня 2024 р. м. Миколаїв.
- ✓ міжнародній науково-практичній конференції «*Моніторинг ґрунтів. Реалії, виклики, перспективи*» З нагоди 60-річчя агрохімічної служби України 25 липня 2024. Київ 2024.

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 16 наукових праць, з яких статей у фахових виданнях – 6, тез наукових конференцій – 10.

Структура та обсяг роботи. Дисертація викладена на 225 сторінках комп'ютерного тексту й складається з анотації, вступу, 6-ти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків.

Робота містить 30 таблиць, 60 рисунків. Список використаних джерел налічує 308 найменувань, з яких 65 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ЗНАЧЕННЯ ТА ПОТЕНЦІАЛ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ ПОСІВНОГО

1.1. Ботаніко-біологічні особливості гороху

За ботанічною класифікацією зернові бобові культури належать до родини бобових (*Fabacea (Leguminosae Juss)*). Рід гороху – *Pisum L.* (підродини лядвенцевих – *Lotoideae*) та поділяється на шість видів - рис.1.1.



Рис. 1.1. Підвиди гороху

Найпоширенішим є посівний горох, який визнається деякими ботаніками як збірний вид культурного гороху (*Pisum sativum L.*). Його поділяють на чотири підвиди: горох культурний посівний – *sativum Gov.*, польовий – *arvense L.*, закавказький – *transcausicum Gov.* та азіатський – *asiaticum Gov.* Академік П.М. Жуковський вважає, що посівний і польовий горох – це самостійні види. Переважна більшість сортів, які вирощують в

Україні, належать до виду культурного, або посівного гороху, менша частина – до польового, який ще має назву пелюшка [103, 148, 182, 189].

За даними Державного реєстру сортів рослин [79], придатних для поширення в Україні станом на 19.06.2024 занесено 140 сортів гороху, з яких 69 шт належать гороху посівному (зерновому), - 64 - гороху посівному (овочевому) та 7 шт посівному (озимому) (рис. 1. 2)

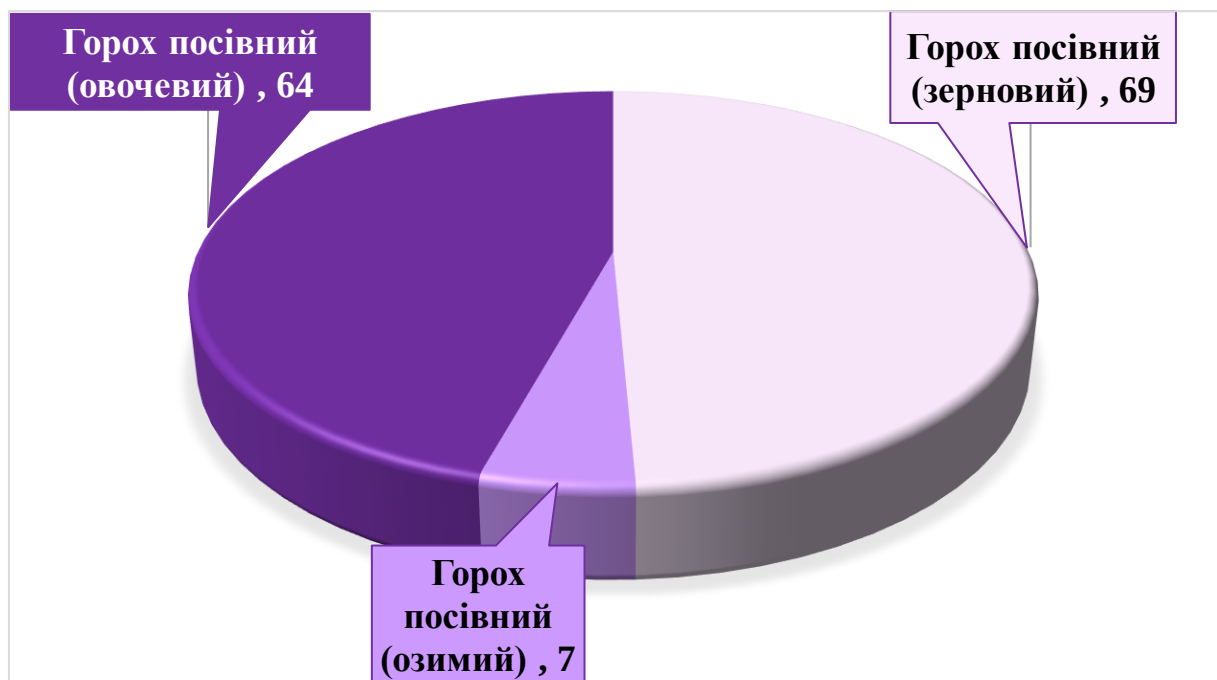


Рис. 1.2. Горох посівний за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 19.06.2024

З країн оригінаторів сортів гороху посівного перше місце займає Україна (27), далі йде Франція (11), Німеччина та Чеська Республіка по 10 шт (рис.1.3).

Відмінні ознаки посівного та польового гороху (рис. 1.4). Горох посівний має округле насіння, з гладенькою поверхнею або кутасте із зморшками на поверхні (так зване мозкове), жовте, оранжеве, зелене, без рисунка, переважно із світлим насінним рубчиком (рідше з чорним). Молоді рослини і листки зелені. Квітки білі (зрідка голубі). Горох польовий має округло-кутасте насіння

з гладенькою або хвилястою поверхнею; сіре, буре, коричневе, темно-червоне, фіолетово-червоне, часто з малюнком, з бурим або чорним насінним рубчиком. Сходи і листки зелені, але в основі прилистків та в місцях прикріплення листочків і вусиків є червонуваті антоціанові плями. На стеблах сходів і дорослої рослини з більш освітленого південного боку теж помітне червонувате забарвлення. Квітки рожеві, фіолетовочервоні, пурпурові (рідше білуваті).

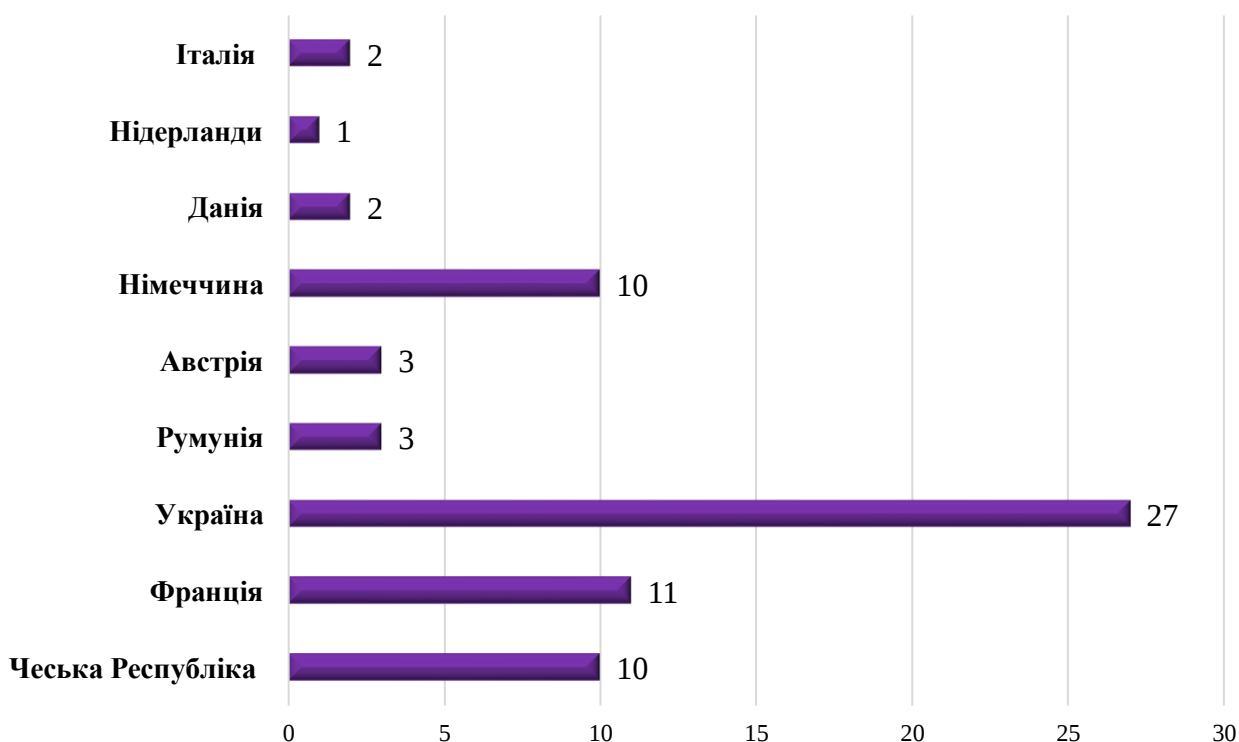
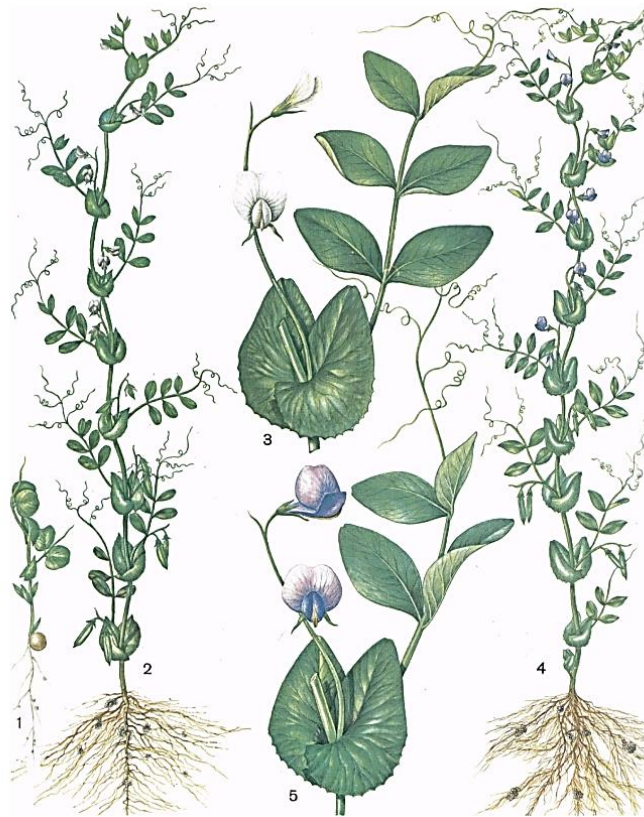


Рис. 1.3. Країни оригінатори сортів і гібридів гороху посівного за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 19.06.2024

Ботаніки вважають, що віднесення гороху посівного і польового до різних видів більш аргументовано з ботанічної точки зору. Тепер серед кормових сортів гороху на зерно (їх можна використовувати як харчові) є такі, в яких зерно має світле забарвлення, а рубчик – темне.

Коренева система гороху добре розвинена, головний стрижневий корінь проникає у ґрунт на глибину до 1,5 м, а розгалужені бічні корені – до 1 м у різні боки [68, 93, 99].



- Примітки:
- 1 - рослина у фазі розвинених сходів;
 - 2 - горох посівний у фазі цвітіння – плодоутворення;
 - 3 - фертильний вузол гороху посівного з листком;
 - 4 - горох польовий у фазі цвітіння – плодоношення;
 - 5 - фертильний вузол гороху польового.

Рис. 1.4. Рослина гороху

Стебло трав'янисте, добре гілкується, досягає різної висоти: у сортів карликового типу – до 50 см, напівкарликового – 80, середньорослі сорти досягають висоти 130, а високорослі – до 150–200 см та більше. Карликові сорти, як правило, є стійкими проти вилягання; високорослі – за рахунок утворення сланких стебел здатні до вилягання. У поперечному розрізі стебла є округлими або невиразно чотиригранними, порожнистими, мають різну товщину та багато міжвузлів. Стебла у рослин гороху можуть бути простими (звичайними) або ж фасційованими (штамбовими). Прості стебла характеризуються, як правило, видовженими міжвузлями, ближче до верхівки стають тонкішими; фасційовані в свою чергу переважно складаються з коротких міжвузлів, а у верхній частині стебла набувають розширено-сплющеної форми (фасційовані).

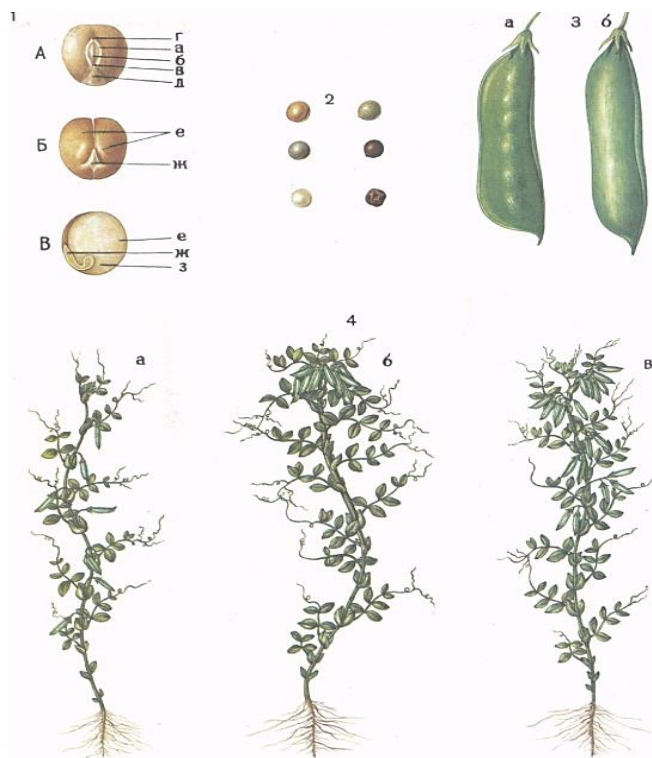
Листки у видів гороху посівного та польового є парнопірчастими, здебільшого мають по 2–3 пари листочків, які закінчуються розгалуженими вусиками. За допомогою таких вусиків рослини здатні чіплятися одна за одну або ж у посівах (сумішках) можуть закріплюватися на інших рослинах, якв є більш високорослими. Листочки у більшості мають яйцеподібну, оберненояйцеподібну, довгасту, округлу, або ромбічну форму різної величини. Прилистки у рослин гороху, як правило, великі та дещо більші від листочків. Вони мають напівсерцеподібну форму, основа їх зубчаста, якою вони охоплюють стебло. Стебла, листки і прилистки у гороху переважно покриті восковим нальотом. Окрім цього в природі зустрічаються і форми гороху з непарнопірчастими та багаторазово парнопірчастими листками, трапляються і листки у вигляді розгалужених вусиків – у представників виду гороху вусатого.

Квітки у рослин гороху посівного характеризуються різною величиною - від 15 до 36 мм. Більшість квіток представлені білим кольором, значно менше – голубим. У сортів гороху, що мають просте стебло квітки розташовуються по 1-2 шт на квітконіжках уздовж стебла; з штаббовим стеблом квітконіжки по 2-5 квіток, що розміщуються у верхній частині стебла, формуюючи суцвіття, яке називається несправжнім зонтиком. У гороху польового квітки мають забарвлення різного кольору, частіше воно фіолетово-червоне.

Плід у гороху називається біб. За будовою стулок бобів посівний і польовий горох поділяються на луцильні й цукрові сорти (рис 1.5).

У стулках луцильних сортів гороху, які вирощують в основному для одержання стиглого зерна, внутрішні боки стулок вистелені пергаментним шаром клітин, який надає міцності й жорсткості плодам. У цукрових сортів, насіння яких використовується для консервування або безпосереднього вживання в їжу в недостиглому стані, пергаментний шар клітин відсутній. Такі плоди є досить ніжними і часто використовуються у їжу „на лопатку” – цілими. За формою боби у луцильних сортів бувають прямими, зігнутими і шаблеподібними, з тупою або загостреною верхівкою, у цукрових –

мечоподібними з гладенькою поверхнею стулок та чоткоподібними, в яких добре помітні на стулках перетяжки між насінними гніздами.



Примітки:

1 - схема будови насінини бобової рослини: насіння в оболонці (А); без оболонки (Б), без однієї сім'ядолі (В); а - насінний рубчик; б - рубчиковий слід, в - мікропіле, г - халаза, д - обрис корінця, е - сім'ядолі, ж - корінець, з - брунька;

2 - насіння різного забарвлення;

3 - плоди цукрового (а) і лущильного (б) гороху;

4 - рослини зі звичайним (а), штамбовим (б) і напівштамбовим (в) стеблом

Рис. 1.5. Горох

Розмір бобів у гороху визначається їхньою довжиною і шириною. За довжиною вони поділяються на невеликі (3-4,5 см), середні (4,6-6 см), великі (6,1-10 см) та дуже великі (більше 10 см); за шириною – на вузькі (0,3-0,4 см), середні (0,5-0,8 см) й широкі (0,8-1,2 см). У сортів гороху зернового напрямку в кожному бобі міститься у середньому 5-6 насінин з відхиленнями від 3-4 до 12 насінин. За формою насіння округле, кутасте, округло-кутасте, квадратне. Поверхня його гладенька або зморшкувата. Забарвлення насіння у посівного гороху, насінна оболонка якого прозора, визначається кольором сім'ядолей і може бути біло-рожевим, жовтим, оранжевим, сизо- або оливково-зеленим, з світлим, рідше темним рубчиком. У польового гороху насіння сіре, буре, коричневе або чорне, що залежить від забарвлення насінної оболонки, часто з крапчастим, мармуровим або плямистим малюнком, з темним насінним рубчиком.

Різновидності гороху. Поширений у виробництві посівний горох поділяється на різновидності за такими основними ознаками: висотою та

формою стебла; забарвленням сім'ядолей, насіння і насінного рубчика; розміром насіння і будовою бобу. За цими ознаками горох поділяють на карликовий та напівкарликовий, у яких висота не перевищує 25-60 см, середньорослий – 60-90 і високорослий – з стеблом понад 90 см; з простим або фасційованим стеблом; насінням крупним (маса 1000 шт. понад 250 г), середнім (170-250 г) або дрібним (менше 170 г), рожевого, зеленого, оливкового або воскового кольору та світлим чи темним насінним рубчиком, жовтими або зеленими сім'ядолями.

Біологічні особливості. Рослини потребують п'яти основних факторів для свого зростання: світла, тепла, вологи, повітря та мінерального живлення. [96, 145].

Горох є рослиною, яка найкраще росте в помірному кліматі. Його насіння проростає при температурі 1-2 градуси Цельсія [116, 149]. Ростки можуть витримувати заморозки від -4 до -6 градусів Цельсія. Оптимальна температура для його росту та розвитку становить 16–22 градуси Цельсія, а температура вище 26 °C негативно впливає на урожай. Щодо вологості, горох вимагає середньої кількості вологи, з транспіраційним коефіцієнтом в межах 400–589. Оптимальна вологість ґрунту для гороху становить 70-80% від повної вологості [176].

Умови посухи суттєво погіршують урожайність гороху, незважаючи на його вищу посухостійкість порівняно з сочевицею, квасолею, бобами, виною, люпином та соєю, а також твердою пшеницею, ярим ячменем та іншими культурами [150].

Критичний період, коли горох особливо чутливий до дефіциту вологи, триває від початку утворення генеративних органів та цвітіння до утворення бобів [149].

Горох вимагає певних умов для успішного росту. Він найкраще росте на родючих ґрунтах з високим вмістом вапна та вологи, таких як чорноземи, сірі лісові та окультурені дерново-підзолисті ґрунти з рН 6–7. Не підходять для гороху важкі, піщані та засолені ґрунти [147, 149].

Горох належить до світлолюбних культур довгого дня. Знаходження шляхів збільшення стійкості гороху до вилягання є не лише агротехнічною, а й фізіологічною проблемою. Адже вилягання рослин призводить до зниження продуктивності сортів гороху, що обумовлюється фотосинтетичною діяльністю рослин на різних рівнях. Як відомо, фотосинтетичний потенціал є одним із визначальних факторів, від яких залежить величина врожаю.

Якщо рослини мають недостатнє освітлення, то нижня частина стебла та багато листків не синтезують і можуть навіть передчасно відмирати. Це призводить до зниження якості та кількості бобів і насінин на рослині. Також у полеглому стеблостої гороху частина плодоносних вузлів може взагалі не запліднюватись, що призводить до нестабільності урожайності [147, 149].

Існує декілька факторів, які можуть впливати на стійкість популяцій гороху до вилягання. Це можуть бути як морфогенотипічні особливості та властивості рослин, так і умови їх вирощування. Наприклад, безлисточкові сорти гороху можуть мати підвищену стійкість до вилягання, оскільки при формуванні вони утворюють меншу площу листків, аніж листочкові форми. Незважаючи на це, ці сорти здатні досягати високих урожаїв насіння та збирання може проводитися прямим комбайнуванням. Стійкість цих сортів обумовлена щільним переплетінням добре розвинених і розгалужених вусів. Додатково, штучне моделювання стійкості рослин проти вилягання може призвести до збільшення урожайності на 35,7% та вмісту білка в насінні на 1,1% [200, 260].

Розробка нових технологічних сортів гороху з обмеженим ростом стебла та компактним розміщенням бобів на його верхівці відкриває нові перспективи для цієї культури. Ці сорти вирізняються дружнім дозріванням та високою стійкістю до вилягання, що робить їх конкурентоспроможними навіть у порівнянні з кращими листочковими сортами. Їх ефективна фотосинтетична діяльність сприяє високій урожайності, а стійкість до вилягання робить їх особливо цінними. Оптимальною висотою для таких рослин вважається 60-90

см, з довжиною міжвузля 3-4 см та добре розвиненими вусами, що сприяє їх успішному росту та розвитку [15, 108].

Горох потребує більш уважного догляду порівняно з зерновими культурами, оскільки він сильніше піддається хворобам і шкідникам. Це призводить до нестабільної врожайності та обмежує поширення цієї культури на полях. Умови ґрунту та клімату значно впливають на вміст білка у гороху, який може коливатися від 19,3% до 32,6%. Сорти гороху безлисточкового типу мають менший вміст білка у порівнянні з листочковими сортами - від 19,9% до 24,2% проти 24,3-26,8% відповідно. Однак завдяки вищій урожайності, ці сорти можуть забезпечити такий же рівень збору білка, що й листочкові - від 1,0 до 1,3 тонн на гектар [149, 170, 171].

Горох відзначається тривалим періодом генеративного розвитку, що робить його вразливим до негативного впливу погодних умов на цей етап. Для різних сортів гороху, які мають різні властивості щодо нагромадження пластичних речовин, це може призвести до зниження врожайності насіння. Тому для досягнення стабільних високих врожаїв гороху в різних екологічних умовах кожного господарства рекомендується висівати 2-3 сорти, які відрізняються не лише генетично, але й за екотипами. Серед середньорослих сортів з звичайним типом листя спостерігається найбільша стійкість до посухи та низької родючості ґрунту, після них йдуть середньорослі безлисточкові сорти і середньорослі з детермінантним типом стебла. Серед напівкарликів детермінантні сорти проявляють найменшу стійкість до посухи, за ними йдуть безлисточкові сорти, а потім сорти з звичайним типом листя. Швидко і ефективно підвищення врожайності гороху можливе завдяки впровадженню нових сортів у культуру [111].

1.2. Сучасні тенденції вирощування гороху в Україні та світі

Найважливішими проблемами сьогодення є війна і зміна клімату. Кліматичні зміни в українському сільському господарстві викликані

глобальним потеплінням, що призводить до тривалих посушливих періодів, які негативно впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Внаслідок цього, коливання врожаю може сягати до 50%, особливо в південних регіонах України. Одним із основних завдань аграріїв є удосконалення технології вирощування культур та розробка нових методів для забезпечення стабільності галузі та зменшення її вразливості до кліматичних змін [197, 199].

Зміни клімату можуть призводити до збільшення частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, таких як сильні зливи, град або посушливість. Це може шкодити росту і розвитку рослин гороху, а також призводити до погіршення якості та зниження врожайності [164, 199].

Зі зміною клімату та військовими у подальшому діями може збільшуватись середня температура повітря, що впливатиме на фенологічні стадії росту гороху й відповідно на продуктивність [16, 95, 232, 256, 294].

Потепління клімату в свою чергу призводить до змін у водному режимі, зокрема до збільшення частоти посушливих періодів або ж зливових дощів. Це може впливати на доступність води для рослин та негативно позначитися на їх рості та розвитку. Отже, зміни клімату значно впливають на вирощування гороху, і фермерам необхідно адаптуватися до цих змін шляхом використання нових технологій, сортів та підходів стосовно вирощування для забезпечення стабільного виробництва гороху [28, 43, 47, 108, 133, 166, 183, 230, 259, 306].

Поширення нових шкідників та хвороб внаслідок зміни клімату також можуть ушкоджувати горох та призводити до збитків у врожайності та якості продукції [3, 150, 222].

Горох (*Pisum sativum*) є однією з найбільш екологічно стійких культур, що має великий потенціал вирощування як в Україні, так і в світі. Ця культура має багато переваг, які роблять її привабливою для фермерів та споживачів.

Горох є екологічно стійкою культурою. Вирощування гороху сприяє збереженню основних ознак родючості ґрунту, оскільки його коренева система накопичує азот з повітря і покращує його структуру [58, 146, 161, 223, 224].

Горох та інші бобові культури у якості попередників здатні для наступних рослин замінити внесення 60 кг/га і більше азоту [52, 149, 150, 168].

Горох також добре витримує низькі температури, його можна вирощувати, як основну, так і повторну (післяжнивну) культуру в посушливих регіонах. Встановлено високу ефективність вирощування сумішок на зелену масу чи сидерат з бобовим компонентом, зокрема горохом у післяжнивних посівах після збирання зернових колосових культур із залишенням соломи як органічного добрива. За такого підходу прискорюється розкладання соломи, ґрунт збагачується свіжою органічною речовиною, гумусом, покращуються його мікробіологічний, агрегатний склад, щільність зложення, водопроникність тощо. Для зони Півдня України властивість щодо накопичення й утримання вологи в ґрунті є визначальною у формуванні врожаїв усіх культур. Саме наявність вологи в ґрунті у цьому регіоні посідає першочергове значення серед усіх відомих факторів вирощування [267].

Наступним чинником виступає забезпеченість рослин усіма елементами живлення й передусім азотом [26, 56, 225, 231, 268].

Органіка істотно покращує основні показники родючості ґрунту, оструктурює його та сприяє істотному підвищенню продуктивності всіх сільськогосподарських культур. У дослідженнях в умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому визначено позитивний вплив на основні елементи структури врожаю ячменю голозерного за вирощування культури в сівозміні із заробкою в ґрунт не товарної частини врожаю з наступним внесенням під ячмінь мінеральних добрив [33].

Поповнення ґрунту свіжою органічною речовиною й особливо сумісно з бобовими сприятиме очищенню ґрунту від забруднюючих речовин, оздоровленню й поліпшенню всіх показників родючості. Для пришвидшення розкладу органічних компонентів нині успішно застосовують деструктори стерні [178, 179, 203].

Виключно важливе значення належить бобовим рослинам і гороху зокрема внаслідок їх здатності розчиняти важкозакріплені (фіксовані) фосфати

грунту. Ця властивість пов'язана з їх кореневими виділеннями [146]. Таким чином, горох здатен підвищувати основні ознаки родючості ґрунту, у його післяжнивних залишках міститься значна кількість азоту. Завдяки цьому і внаслідок симбіотичної фіксації ця культура збагачує ґрунт як цінною органікою, так і біологічним азотом. Він є екологічно чистим безкоштовним, використовується наступними рослинами сівозміни повною мірою без втрат. Нині значення вирощування гороху й інших бобових важко переоцінити, адже вартість мінеральних добрив істотно зросла, а економічний стан господарств у воєнний період є ослабленим.

Вище наведені позитиви стосовно впливу гороху на ґрунтову родючість вимагають перегляду і диверсифікації площ у напрямі їх збільшення під бобові за рахунок надмірного зростання їх під соняшником [59, 204].

Крім того, горох має велике значення як культура, що забезпечує харчову та кормову промисловість. Горох є одним з найбагатших джерел рослинного білка та має важливе значення для харчування людей. Вміст білка в зерні гороху може сягати 20-30%, що є досить важливим. Висока концентрація амінокислот, включаючи лізин, метіонін та цистин визначають горох повноцінним джерелом білка. За останні роки спостерігається збільшення інтересу до здорового способу життя, що призводить до зростання попиту на рослинний білок. Горох, як культура з найбільшим вмістом рослинного білка, може задовольнити цей попит і стати конкурентоспроможною альтернативою м'ясу.

Крім харчової, горох може бути використаний у фармацевтичній та кормовій промисловостях. Зерна гороху можуть бути використані для виробництва консервів, м'ясних замінників, макаронних виробів та інших продуктів. Крім того, горох застосовують, як кормову добавку для тварин, що сприяє збагаченню їх раціону рослинним білком [275, 278].

Вирощування гороху може сприяти розвитку сільськогосподарського сектора. Ця культура надає фермерам нові можливості для вирощування та збуту продукції за одночасного поліпшення родючості ґрунту. Нарощування

виробництва гороху може збільшувати прибутковість господарств та стимулювати економічний розвиток сільських районів [298].

Отже, горох є однією з найбільш екологічно стійких культур, яка має великий потенціал як для харчової, і для кормової промисловості так і для ресурсного оздоровлення ґрунтової родючості й збагачення його азотом. Висока харчова цінність, екологічна стійкість, різноманітність використання, зростаючий попит на рослинний білок та здатність підвищення родючості ґрунтів роблять горох привабливою культурою для фермерів та споживачів.

За даними FAOSTAT на 2022 рік, найбільшими виробниками гороху є Канада, Індія та Китай, де його вирощують на площі близько 1 млн га (рис. 1.6). Ці країни мають значний обсяг виробництва зерна гороху і вносять великий вклад у світове виробництво цієї культури.

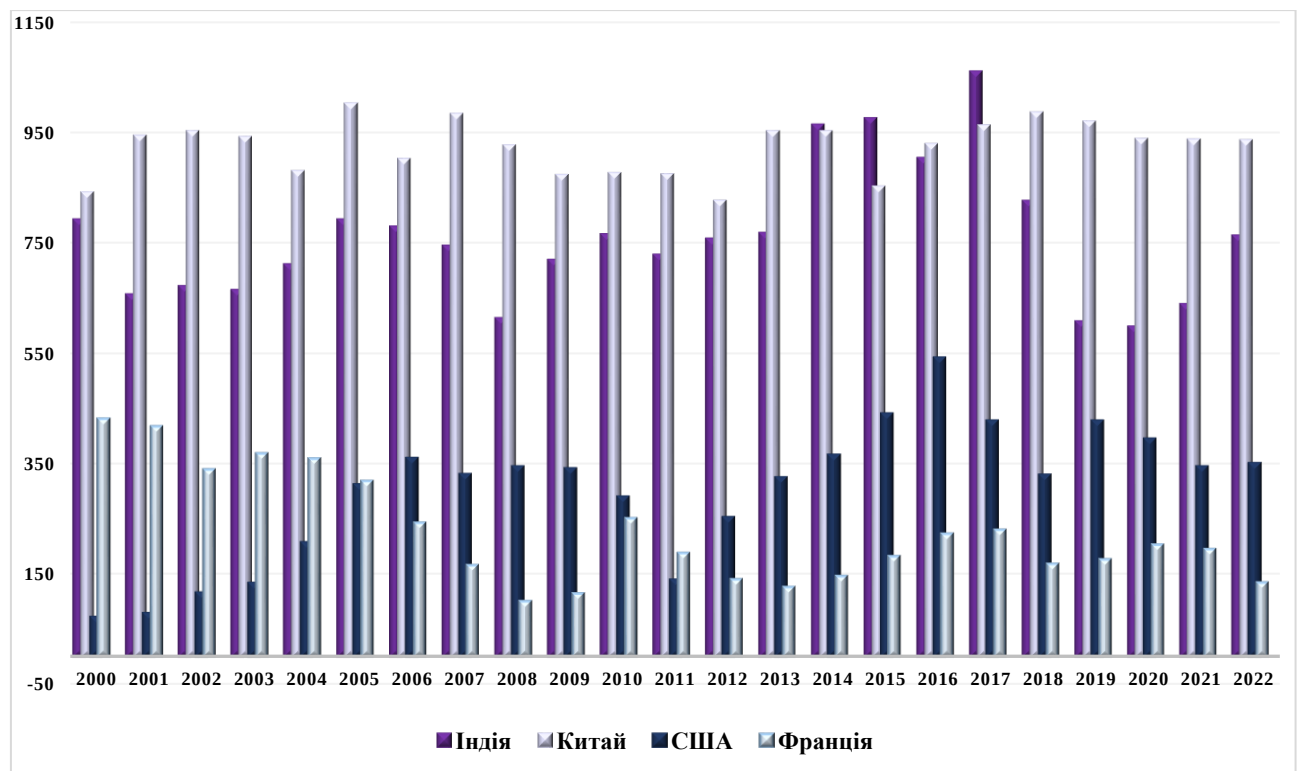


Рис. 1.6. Площі посіву гороху зернового в окремих країнах світу, тис. га
(джерело FAOSTAT, 2023) [306]

Канада є одним з провідних світових виробників гороху, і вирощує його на значній площі. У 2019 році, наприклад, цією культурою у Канаді було зайнято біля 1,7 млн га (рис.1.7) [276, 281, 302, 303].

Індія також є важливим гравцем на світовому ринку гороху і обсяги її виробництва значно впливають на світові ціни на цю культуру [253, 295, 297]. Площі посіву гороху в Україні дещо зменшилися (рис.1.8).

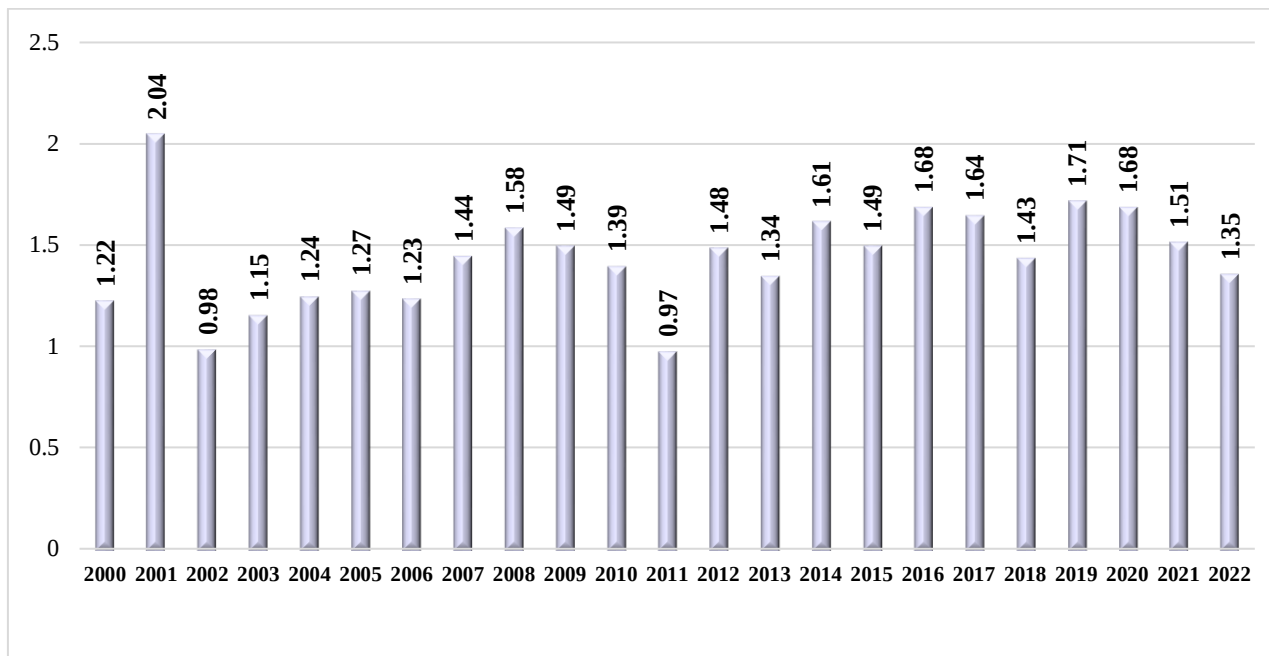


Рис. 1.7. Площі посіву гороху зернового в Канаді, млн га
(джерело FAOSTAT, 2023) [306, 308]

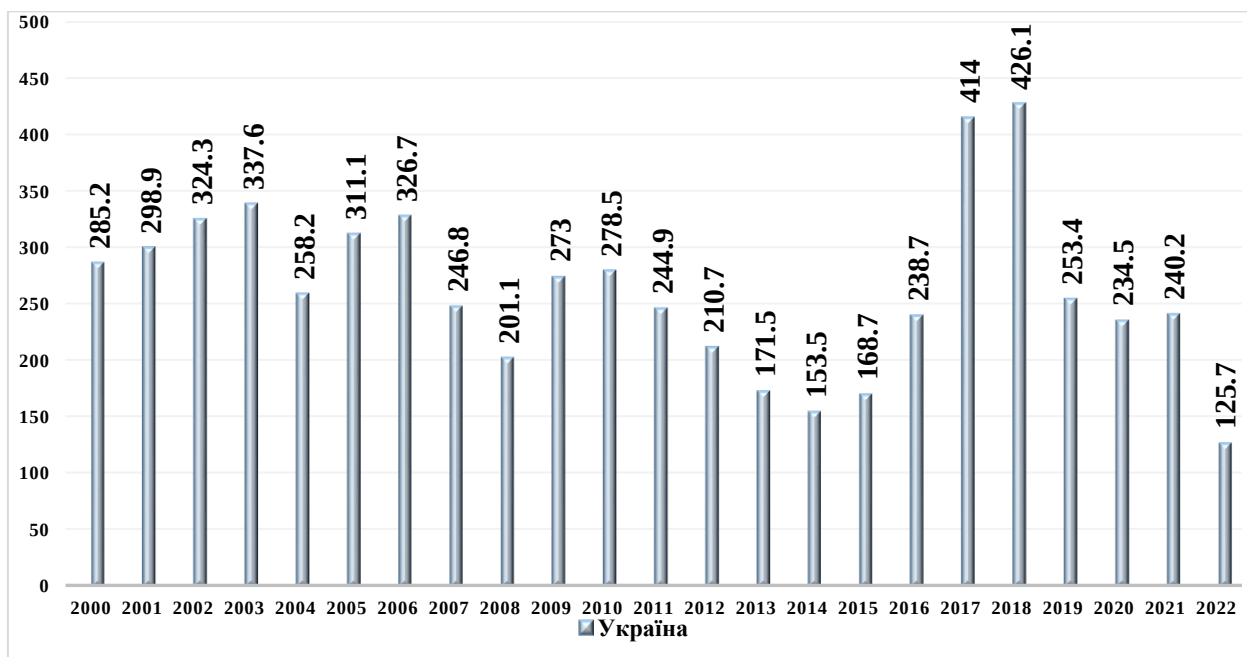


Рис. 1.8. Площі посіву гороху зернового в Україні, тис га
(джерело FAOSTAT, 2023) [306]

В останні роки вирощування загальні площі посіву під горохом у світі зросли (рис. 1.9).

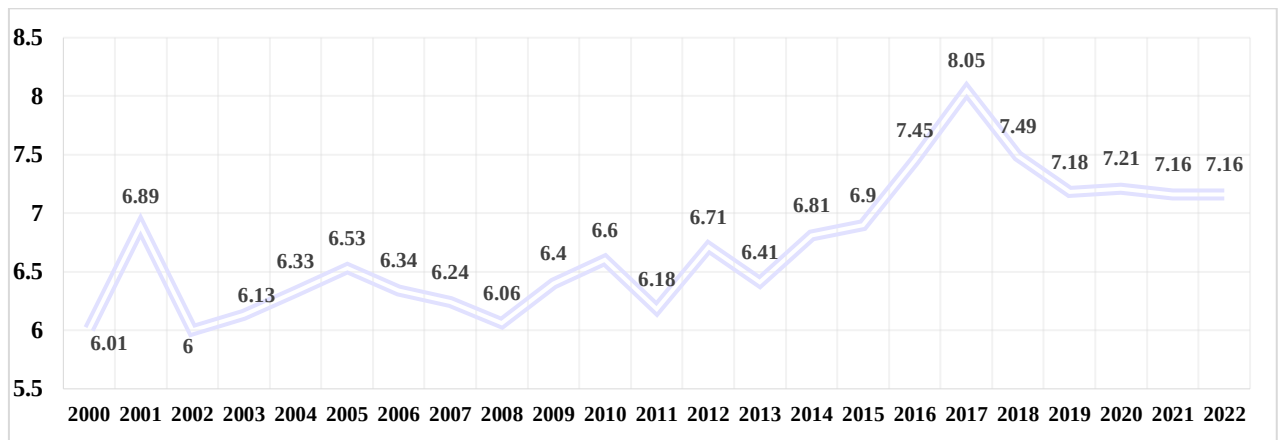


Рис. 1.9. Площі посіву гороху зернового у світі, млн га
(джерело FAOSTAT, 2023) [306]

Одним з ключових аспектів вирощування культури є його врожайність. Урожайність гороху зернового може значно варіювати залежно від ряду факторів, таких як ґрунтова родючість, кліматичні умови, сорт, агротехнології вирощування та інші. Для досягнення високої врожайності зерна гороху необхідно правильно добирати сорти, забезпечувати належний догляд за посівами, вчасно обробляти ґрунт та проводити захист рослин від шкідників та хвороб [172, 286].

Максимальною врожайністю зерна гороху за весь обліковий 23 річний період формувалася у Франції, в окремі з них вона перевищувала 4 т/га. Проте площі під цією культурою в країні не значні. Високих рівнів урожайності гороху на зерно досягли в країнах Північної Америки, таких як Канада та США, де вирощування цієї культури є досить розвиненим, і вони застосовують сучасні технології та агротехніку для забезпечення високих показників урожаю. Наступну сходинку після цих країн посідає за рівнем врожаю зерна посідає Україна (табл. 1.1, рис. 1.10).

Таблиця 1.1

Врожайність зерна гороху, т/га (за даними FAOSTAT, 2023) [306]

Рік	Індія	Канада	Китай	США	Україна	Франція	світ
2000	1,03	2,35	1,21	2,21	1,75	4,50	1,78
2001	0,86	1,00	1,19	2,19	2,07	3,99	1,50
2002	0,91	1,31	1,58	1,86	1,89	4,92	1,60
2003	0,89	1,68	1,49	1,77	1,10	4,40	1,61
2004	1,02	2,49	1,21	2,52	2,46	4,69	1,86
2005	0,99	2,36	1,16	2,05	1,98	4,20	1,73
2006	0,91	2,05	1,13	1,67	2,00	4,21	1,54
2007	0,81	2,03	1,10	2,25	1,09	3,61	1,46
2008	0,75	2,26	1,19	1,62	2,26	4,50	1,61
2009	0,92	2,27	1,05	2,29	1,81	4,81	1,62
2010	0,88	2,17	1,10	2,24	1,62	4,31	1,59
2011	0,82	2,57	1,58	1,84	1,49	3,58	1,66
2012	0,93	2,26	1,55	1,98	1,66	4,03	1,58
2013	1,10	2,95	1,33	2,20	1,56	3,97	1,76
2014	0,96	2,37	1,42	2,14	2,34	3,71	1,72
2015	0,91	2,14	1,49	1,89	2,24	3,70	1,73
2016	0,82	2,88	1,48	2,34	3,13	2,53	2,00
2017	0,96	2,50	1,59	1,51	2,65	3,45	2,03
2018	1,20	2,50	1,55	2,21	1,82	3,53	1,79
2019	1,34	2,48	1,50	2,38	2,26	4,04	1,96
2020	1,44	2,73	1,54	2,50	2,04	2,76	2,04
2021	1,37	1,49	1,56	1,14	2,36	2,84	1,74
2022	1,32	2,54	1,58	1,96	2,07	3,00	1,98

Валові збори зерна гороху є важливим фактором для економіки країни, оскільки вони впливають на обсяги експорту та внутрішнього споживання цієї культури. Знання з можливих обсягів виробництва дозволяють управляти ринковими процесами, прогнозувати цінові тенденції та розробляти стратегії для розвитку аграрного сектору.

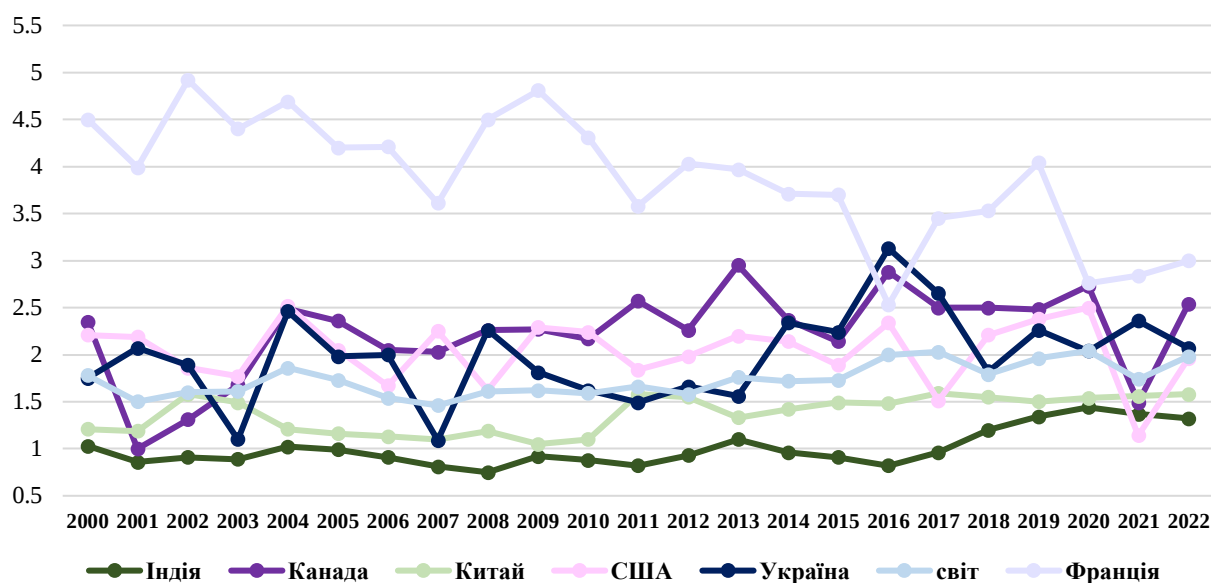


Рис. 1.10. Урожайність зерна гороху, т/га
(за даними FAOSTAT, 2023) [306]

Горох є важливим джерелом білка та інших корисних поживних речовин, тому важливо мати достатні обсяги виробництва для забезпечення продовольчої безпеки населення.

Аналіз розвитку сільськогосподарського сектору: валові збори зерна гороху є одним із показників ефективності виробництва у сільському господарстві. Цей показник дозволяє оцінити результативність заходів, спрямованих на покращення якості та кількості врожаю гороху, а також визначити потенціал для подальшого розвитку сектору [13, 139, 141, 217, 236, 237].

Отже, прогнозування валових зборів зерна гороху (сухого зернового) є ключовим для розуміння та аналізу ситуації на ринку цієї культури, планування стратегій для розвитку сільськогосподарського сектору, забезпечення продовольчої безпеки та регулювання експортно-імпортних процесів.

Україна є одним з провідних виробників гороху зернового у світі, тому обсяги виробництва мають прямий вплив на можливості для експорту цієї культури. Передбачення валових зборів допомагає прогнозувати попит на горох на зовнішніх ринках та розвивати експортні стратегії. В Україні

виробництво гороху (сухого зернового) в останні роки виявляло тенденцію до зростання. За даними Державної служби статистики України, валові збори гороху у 2017 році склали близько 1,097 млн тон, що є значним покращенням порівняно з попередніми роками (рис. 1.11) [307].

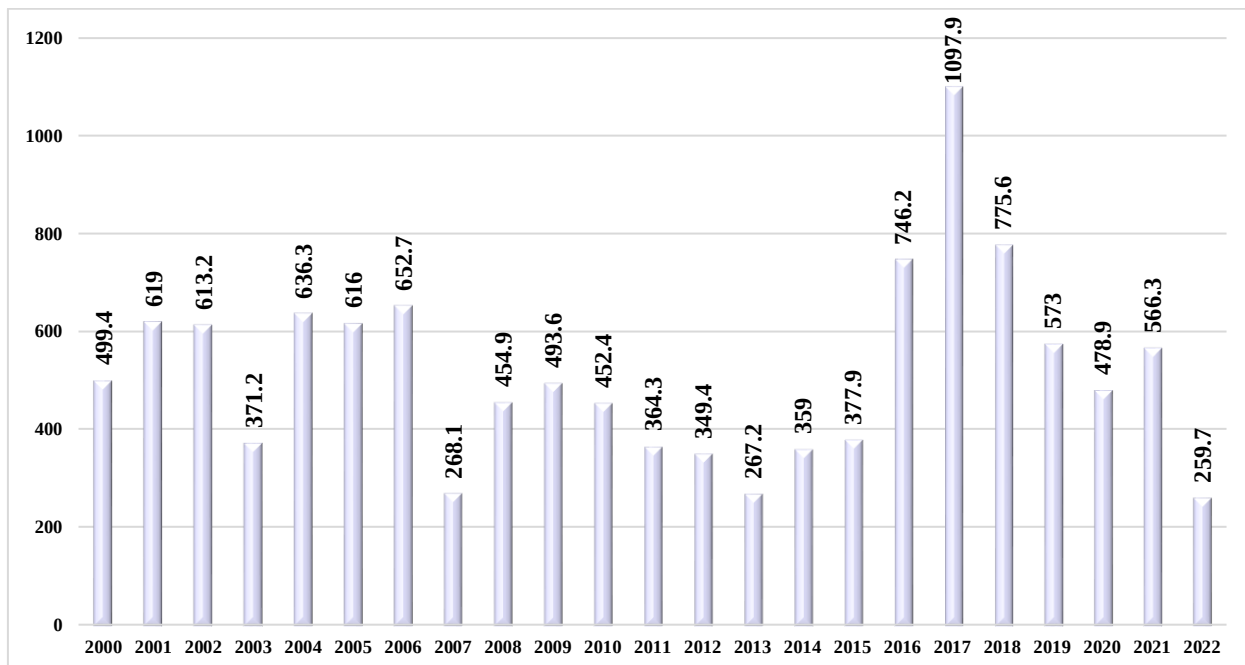


Рис. 1.11. Динаміка валових зборів зерна гороху в Україні, тис. т
(за даними FAOSTAT, 2023) [306]

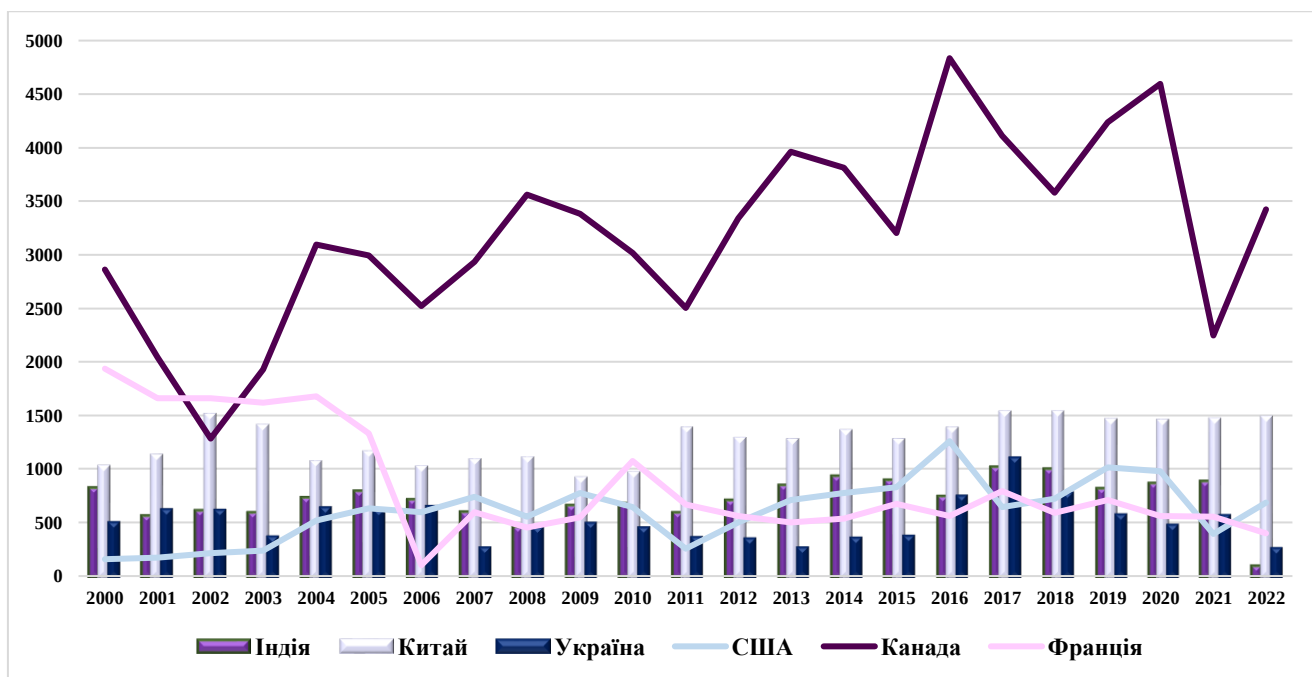


Рис. 1.12. Динаміка валових зборів зерна гороху в різних країнах, тис. т
(за даними FAOSTAT, 2023) [306]

Канада є одним з провідних світових виробників гороху. За даними Канадського статистичного управління, валові збори гороху у Канаді в останні роки показують стабільний ріст. У 2020 році виробництво гороху в Канаді становило близько 4 млн тонн, що є значним показником.

Загалом можна стверджувати, що у Канаді, Китаї, Індії та США спостерігається стабільна динаміка виробництва зерна гороху. Це свідчить про значні обсяги виробництва цієї культури у цих країнах і їх вагомий внесок у світове агропромислове виробництво (рис. 1.12).

На світовому ринку горох є популярною культурою, і виробництво його зерна також показує стабільний ріст. За даними Організації Об'єднаних Націй по харчових питаннях та сільському господарству (FAO), світове виробництво гороху у 2020 році склало близько 12 млн тонн, що є значним збільшенням порівняно з попередніми роками (рис. 1.13).

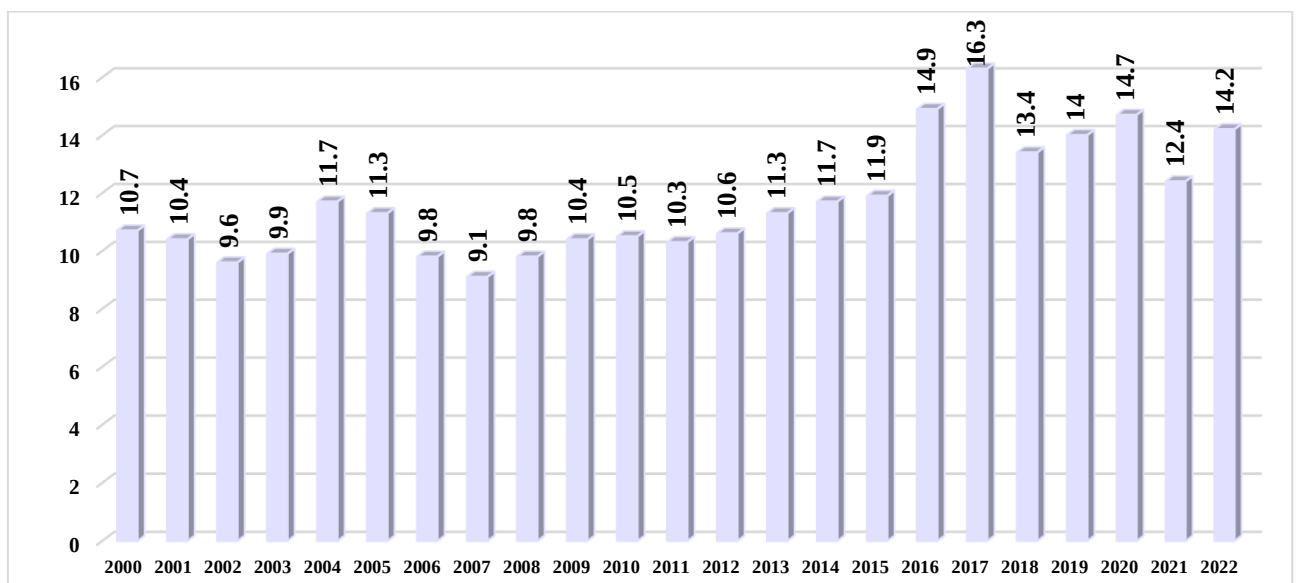


Рис. 1.13. Валові збори гороху зернового у світі, млн т
(за даними FAOSTAT, 2023) [306]

Загалом, можна узагальнити, що як в Україні, так і світі спостерігається позитивна динаміка виробництва гороху зернового. Це може бути пов'язано з розвитком технологій вирощування, попитом на цю культуру на ринку та іншими факторами, зокрема оздоровлення ґрунтів. Важливо продовжувати

моніторити цю динаміку для ефективного управління аграрним сектором та розвитку сільськогосподарської галузі.

Аналізуючи в цілому наведений статистичний матеріал відносно значення культури, вирощування та виробництва зерна гороху, необхідно зазначити, що Україна має потенціал для збільшення площ і підвищення врожайності зерна гороху шляхом впровадження сучасних технологічних заходів вирощування. Застосування оптимальних елементів агротехніки, використання продуктивних адаптованих сортів з високою якістю зерна, добрив, а також систематичний контроль за станом посівів можуть значно підвищити врожайність гороху та покращити стан родючості ґрунтів.

1.3. Вплив досліджуваних елементів технології на продуктивність гороху

Сучасні методи вирощування зернобобових культур, зокрема гороху, мають спрямовуватися та базуватися на засадах оптимізації процесів формування високої врожайності та використанні повного біологічного потенціалу цих культур [208, 211, 236, 251, 287]. Варто зазначити, що врожайність гороху значною мірою залежить від власне генетичного потенціалу сорту, норм висіву, догляду за посівами, внесення мінеральних добрив, обробку біопрепаратами та мікродобривами з урахуванням погоднокліматичних умов [41, 162, 296].

Горох є однією з найважливіших культурних рослин у сільському господарстві. Він має високу харчову цінність, багатий склад поживних речовин та використовується як головне джерело білка для людей та тварин. Застосування добрив є одним з ключових факторів, які впливають на продуктивність гороху [185, 190, 243].

Одним з найважливіших видів добрив для гороху являються азотні. Адже азот виступає основним елементом, який найбільш необхідний для росту та розвитку рослин. Використання азотних добрив сприяє покращенню росту

гороху, збільшенню кількості та якості плодів. Азотні добрива можуть бути внесені до ґрунту перед сівбою гороху або під час його росту в процесі вегетації. Вони допомагають рослинам утворювати більше надземної біомаси, що в свою чергу сприяє посиленню процесів фотосинтезу та накопиченню білка в насінні [184, 185, 255].

Азот входить до складу хлорофілу, вітамінів, амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, АТФ [255].

У разі достатньої забезпеченості рослин цим макроелементом збільшуються розміри асиміляційної поверхні, підвищується продуктивність фотосинтетичної діяльності, що сприяє зростанню врожайності та покращанню якісних показників зерна [262, 280].

Азот є одним із основних елементів для росту і розвитку усіх сільськогосподарських культур в тому числі й зернобобових. Деякі вчені вважають, що внесення так званих «стартових доз» азоту до 30 кг/га д.р., сприяють підвищенню врожайності гороху посівного. Ця точка зору пояснюється тим, що мінеральний азот допомагає рослинам на початкових мікростадіях розвиватися краще, а в подальшому сприяє інтенсивній фіксації бульбочковими бактеріями атмосферного азоту з повітря [143, 263, 289].

При внесенні мінерального азоту рослини використовують його як джерело живлення, що за застосування високих доз, може призвести до припинення утворення бульбочок. Азотні сполуки негативно впливають на зв'язок між рослинами гороху та бульбочковими бактеріями на всіх етапах їх співіснування. Мінеральний азот може інгібувати процес азотфіксації та призводити до припинення активності бульбочкових бактерій. Вченими встановлено, що внесення високих доз мінерального азоту може негативно впливати на взаємодію між рослинами гороху та бактеріями, що утворюють бульбочки [14, 128, 129, 269].

Натомість, інші вчені вважають, що внесення азотних добрив в дозах до 60 кг/га на початкових етапах розвитку рослин гороху не знижують активності симбіотичного апарату [144, 177, 181, 284].

Крім того азот стимулює поглинання й використання рослинами інших елементів мінерального живлення, зокрема фосфору й калію [255].

Внесення фосфорних добрив сприяє розвитку кореневої системи та підвищує активність бульбочкових бактерій, що зменшує негативний вплив азоту на процес утворення бульбочок. Бульбочкові бактерії перетворюють важкорозчинні фосфорні сполуки на форми, доступні для поглинання рослинами гороху, що покращує постачання їх не лише азотом, а й фосфором. Дефіцит цього елементу в ґрунті може призвести до порушення формування репродуктивних органів та істотно подовжити процес дозрівання зерна [74, 105, 144, 182].

Фосфор підвищує стійкість рослин до посухи, низьких температур і ураження хворобами [100].

За недостатнього забезпечення рослин фосфором послаблюється засвоєння азоту та навпаки [34].

Фосфор є складовою частиною нуклеїнових кислот, нуклеотидів, ферментів і продуктів фотосинтетичного та дихального циклів [247]. За умови достатньої забезпеченості рослин фосфором покращуються умови росту кореневої системи, підвищується інтенсивність наростання вегетативної та асиміляційної поверхні рослин, збільшується надходження продуктів фотосинтезу до плодів та насіння у процесі їх формування та досягання [292].

Фосфор є необхідним елементом для енергетичних процесів рослин, таких як фотосинтез та дихання. Використання фосфорних добрив сприяє покращенню кореневої системи гороху, збільшенню кількості корневих волосків та більш глибокому проникненню кореневої системи у ґрунт. Це дозволяє рослинам краще засвоювати воду та поживні речовини з ґрунту, що сприяє збільшенню врожайності та покращує показники якості гороху [150].

Калій приймає участь у процесах біосинтезу хлорофілу, АТФ, білка, підтримує рівновагу електричних зарядів, необхідних для процесу фотофосфорильовання у хлоропластах, регулює поглинання й транспірацію

води, що підвищує посухостійкість рослин. Цей елемент живлення відіграє ключову роль у контролі рН клітин [248, 291].

Калійні добрива мають великий вплив на продуктивність гороху. Калій є необхідним елементом для оптимального функціонування рослин, особливо за настання стресових умов. Використання калійних добрив сприяє покращенню стійкості гороху до посухи, холоду та хвороб. Калій допомагає рослинам регулювати водний баланс, підтримувати структуру клітин та забезпечувати нормальне функціонування стоматального апарату рослини. Це дозволяє зберігати вологу в рослині, підтримувати оптимальний обмін газів, що в свою чергу впливає на збільшення врожайності та якості зерна гороху. Дослідник встановив, що калійне голодування призводить до зниження вмісту білків у зерні. Калійні добрива на азотно-фосфорному фоні в нормі K_{60} за даними його досліджень підвищували врожайність на 0,23-0,67 т/га [74].

За даними Ю. А. Злобіна [100], калій позитивно впливає на вміст білку в зерні гороху. Під цю культуру не рекомендується вносити калійні добрива, що містять хлор [18, 244].

В умовах дефіциту калію тканини листкових пластинок нижніх ярусів та периферійної частини між жилками відмирають, а за умови його надлишку скорочується вегетаційний період рослин через зменшення тривалості проходження фаз формування й досягання бобів та зерен у них, унаслідок чого зменшуються їхні розміри та маса.

Мікроелементи також мають великий вплив на продуктивність гороху. Залізо, бор, цинк, марганець, мідь та інші мікроелементи є необхідними для нормального росту та розвитку рослин гороху. Використання мікроелементних добрив сприяє забезпеченню гороху необхідними поживними речовинами, підвищує його стійкість до хвороб та шкідників, а також покращує якість продукції [23, 246, 306].

Молібден відіграє важливу роль у різних процесах рослин. Він бере участь у синтезі амінокислот і білків, відновленні нітратів до аміаку, синтезі вітамінів і хлорофілу, а також регулює трансформацію азоту в рослині.

Молибден активізує окисно-відновні процеси, сприяє засвоєнню азоту, заліза і фосфору, покращує живлення рослин кальцієм. Для бобових культур при середній врожайності 2-3 тонни на гектар рекомендується внесення до 10 грам молибдену на гектар ґрунту. Цей мікроелемент необхідний для життєдіяльності бульбочкових бактерій, які фіксують атмосферний азот. Молибден також збільшує коефіцієнт використання азотних добрив [23, 246].

Найбільш цінним є молибден, який сприяє симбіотичній азотфіксації. Внесення молибдену призводить до збільшення урожайності на 2-3 центнери на гектар. Його вплив на врожайність порівнюється з внесенням 30 кілограмів азоту мінеральних добрив на гектар [165, 209].

Молибден і бор покращують надходження азоту в рослини гороху. Приріст урожаю від внесення цих елементів сумісно може складати 2–4 ц/га [86].

Бор важливий для рослин упродовж усього періоду вегетації, особливо під час дозрівання та диференціації клітин. Цей елемент бере участь у синтезі білків і не може бути замінений іншими поживними речовинами. Нестача бору призводить до зниження врожаю і погіршення якості продукції. Наприклад, у горосі це особливо помітно на стадії технічної стиглості, коли відсутність бору не дозволяє формувати достатню кількість судинних пучків у бульбочках, порушуючи розвиток бактеріальної тканини [169].

Цинк також важливий для багатьох фізіологічних процесів у рослині, включаючи синтез амінокислот, хлорофілу, органічних кислот, вітамінів, у окисно-відновних процесах, обміні вуглеводів, ліпідів, фосфору та сірки. Він сприяє накопиченню фітогормону ауксину і необхідний для росту міжвузля. Цинк допомагає стабілізувати дихання рослин при зміні температурних умов, що підвищує їх жаростійкість та стійкість до посухи, а також сприяє покращенню вмісту білка та захисту від хвороб [105, 106].

Мідь впливає на азотний обмін у рослинах, сприяє процесу фотосинтезу, підсилює утворення білків, жирів та вітаміну С. Також збільшує інтенсивність дихання та фотосинтезу, підвищує стійкість рослин до заморозків, посухи,

жари, а також до хвороб. Мідь покращує формування плодів і насіння, сприяє поглинанню азоту і магнію [142].

Кобальт активізує роботу різних ферментів, зокрема нітратредуктази, яка є важливою для азотного живлення бобових культур. Крім того, він є складовою вітаміну B₁₂, значна кількість якого міститься в бульбочках на коренях бобових рослин. Кобальт впливає на синтез хлорофілу, накопичення вуглеводів та жирів у рослинах, збільшує інтенсивність дихання, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот і аскорбінової кислоти. Він також активно бере участь у реакціях окислення та відновлення, позитивно впливає на енергетичний обмін. Кобальт найбільше концентрується в генеративних органах рослини, де він відіграє важливу роль у процесах запліднення та регулює трансформацію азоту в рослині [165].

За внесення підвищених норм мінеральних добрив потреба гороху у мікроелементах зростає. За результатами досліджень визначено, що мідь і цинк мажуть призвести до збільшення врожаю в середньому на 3 ц/га [31].

Мікродобрива використовують зазвичай у вигляді позакореневого підживлення і шляхом передпосівної обробки насіння [207].

В теперішній час мікродобрива використовують у складі комплексних засобів, які містять кілька елементів у відповідних концентраціях. Це дозволяє оптимально поєднувати їх для певних фаз росту рослин, особливо важливо враховувати це для досягнення максимального рівня врожаю гороху. Внесення конкретних мікроелементів на різних стадіях розвитку рослин має величезне значення для реалізації генетичного потенціалу сортів гороху.

Дослідження, проведені О. А. Коваленком, показують, що використання мікроелементів для обробки насіння гороху впливає як на параметри росту рослин, так і на їх загальну продуктивність. Відповідно його досліджень, урожайність гороху після обробки насіння мікродобривом Наномікс перед сівбою зросла в середньому на 2,4 ц/га [119].

Дослідник [32] встановив, що обробка насіння гороху перед сівбою мала значний вплив на утворення кількості та маси бульбочок на одній рослині.

Наприклад, за результатами досліджень впродовж 2022-2023 років та на різних стадіях росту і розвитку рослин, інокуляція насіння Андерізом призвела до підвищення маси бульбочок на 0,03-0,06 г порівняно з контролем. Також, використання Біомаго-горох збільшило масу бульбочок на 0,06–0,07 г, а Оптиміз Пульс - на 0,07–0,09 г, залежно від сорту гороху та фази його розвитку.

Дослідники Данильченко О. М. та ін. [72] також вказують, що застосування інокуляції насіння бактеріальними препаратами, що містять азотфіксуючі (*Rhizobium leguminosarum* штам 31) та фосформобілізуючі (*Bacillus polymyxa* KB) бактерії, разом з мінеральними добривами сприяє зростанню продуктивності гороху в умовах північно-східного Лісостепу України. Найкращий результат було отримано при застосуванні інокуляції насіння гороху Ризогуміном та внесенні повного мінерального добрива у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$, що призвело до збільшення врожайності на 33,7% порівняно з контрольним варіантом.

Визначено, що передпосівна обробка насіння впливає на врожайність гороху шляхом активації симбіотичної активності ризобій. Рівень зернової продуктивності зернобобових культур, у тому числі гороху, визначається сукупністю структурних параметрів культури, а саме: кількістю рослин на одиниці площі, кількістю бобів на рослині, кількістю насінин у бобі, масою 1000 насінин, масою насіння з рослини та інші [159, 91, 92].

За вирощування гороху із внесенням азотних добрив за схемою N_{30} до сівби + N_{30} у фазі бутонізації, $P_{60}K_{60}$ до сівби на фоні інтенсивної системи захисту рослин та обробки насіння перед сівбою стимулятором росту Емістим С і активними штамми бульбочкових бактерій *Rh. leguminosarum* формуються найвищі показники врожайності, вмісту сирого протеїну та його збору [34].

За інокуляції насіння бактеріальними препаратами та створення сприятливих абіотичних умов для розвитку активних симбіотичних бульбочкових бактерій рослини гороху здебільшого забезпечують власні потреби в азотних сполуках. Однак процеси симбіотичної азотфіксації можуть

суттєво лімітуватися за недостатнього зволоження або низького рівня аерації ґрунту [126, 156, 241].

Рослини гороху в симбіозі з видами ризобій *Rhizobium* здатні фіксувати до 70-160 кг/га азоту і залишати до 30% поглиненого врожаєм і кореневими залишками, які потім доступні рослинам для наступних культур сівозміни [13, 137].

Згідно з дослідженнями [172] інокуляція гороху сприяє збільшенню кількості азоту, доступного для рослин, що призводить до наростання вегетативної маси та кількості плодів. Також, інокуляція може позитивно впливати на якість урожаю, забезпечуючи рослини необхідними поживними речовинами.

Максимальний рівень фіксації азоту був відмічений при використанні інкрустації насіння препаратами фунгіцидної і рістрегулюючої дії, а саме, біопрепаратів Агат-25 К і Реаком-С для обробки насіння гороху. Під їх впливом спостерігалось збільшення симбіотичної фіксації у сорту Харківський янтарний на 26% та 22% відповідно порівняно з контролем. Використання для інокуляції зерна сорту Харківський янтарний фосформобілізуєчих бактерій на фоні без мінеральних добрив сприяло підвищенню азотфіксації на 32%. Зростання азотфіксації під впливом поліміксобактерину і ризогуміну складало 22 і 25% відповідно. Найбільший рівень зростання азотфіксації спостерігали за поєднання фосформобілізуєчих бактерій з поліміксобактерином (33,0%). Найкращі показники симбіотичної азотфіксації без мінеральних добрив одержані при поєднанні препаратів Кристалон, Актофіт і Агат–25 К (61,5 кг/га) при обробці рослин гороху сорту Харківський янтарний (майже на 30% вище, ніж на контролі). Усі інші комбінації препаратів сприяли зростанню азотфіксації на 14–19 % порівняно з контролем [135].

Проведення інокуляції насіння біопрепаратами сприяло зменшенню собівартості та сталому зростанню умовного чистого прибутку вирощування сортів гороху посівного порівняно з контрольним варіантом [25].

У дослідженні Чжан і Сун [309] було показано, що ефективна інокуляція може покращити рентабельність вирощування гороху та зменшити витрати на мінеральні добрива. Це свідчить про важливість інокуляції як екологічно чистого та ефективного методу покращення продуктивності гороху.

Встановлено, що інокуляція насіння бактеріальними препаратами та застосування позакореневих підживлень на удобреному фоні збільшують урожайність культури та показники економічної ефективності, а саме найвищий умовно-чистий прибуток (7,0 тис. грн./га), рівень рентабельності (94,2 %) та найнижчу собівартість (1,9 тис. грн./т) [213].

Отже, інокуляція насіння гороху має значний вплив на продуктивність цієї культурної рослини. Належне застосування цього методу може призвести до покращення якості та кількості урожаю, забезпечуючи рослини гороху необхідними поживними речовинами для оптимального росту та розвитку [30, 136, 219].

Інокуляція насіння є важливим аспектом вирощування гороху, оскільки вона сприяє збільшенню врожайності та покращенню якості врожаю. Інокуляція полягає у введенні спеціальних бактерій роду *Rhizobium* на насіння для стимулювання процесу фіксації азоту. Ці бактерії утворюють симбіотичне партнерство з кореневими вузлами рослини гороху, де вони фіксують азот з атмосфери та перетворюють його на споживану рослиною форму.

Отже, як бачимо з наведених даних, існує багато протирічливих даних щодо впливу елементів технології на врожайність зерна гороху, що пояснюється різними ґрунтово-кліматичними умовами, різними елементами технології інтенсифікації вирощування та іншими факторами. Це свідчить про необхідність подальших досліджень з оптимізації живлення, а саме: внесення мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння мікродобривом Нановіт Мікро та позакореневі підживлення мікродобривами Нановіт, Бором, органо-мінеральним добривом Органік Д-2М за ресурсощадних елементів технології в умовах Південного Степу України.

Висновки до розділу 1:

1. За ботанічною класифікацією зернові бобові культури належать до родини бобових (*Fabacea (Leguminosae Juss)*). Рід гороху – *Pisum L.* (підродини лядвенцевих – *Lotoideae*). Найпоширенішим є горох посівний. За даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 19.06.2024, занесено 140 сортів гороху, з яких 69 належать гороху посівному (зерновому), - 64 - гороху посівному (овочевому) та 7 - посівному (озимому). У розділі проаналізовано ботанічні та біологічні особливості гороху посівного. Наведено порівняльну характеристику основних ознак гороху посівного та його відмінності від гороху польового.

2. У розділі наведено динаміку виробництва зерна гороху на основі площ посівів та врожайності культури в Україні, провідних країнах та загалом у світі, які найбільше виробляють зерна гороху за період з 2000 до 2022 року. За представленими даними обґрунтовано, що Україна є перспективною країною щодо нарощування обсягів виробництва гороху. Урожайність зерна гороху в нашій країні в останні роки зростає та перевищує рівень 2 т/га. Тобто врожайність гороху не поступається за продуктивністю більшості зернових культур. Не дивлячись на те, що в Україні ще незначні площі зайняті цією культурою, порівняно з Канадою, Індією та Китаєм, Україна є одним з провідних експортерів гороху зернового у світі. За обсягами експорту гороху Україна займає значне місце на світовому ринку. Це свідчить про доцільність вирощування зерна гороху в Україні, нарощування його площ, удосконалення технологій та про виключну важливість цієї культури у т.ч. й у зв'язку з кліматичними змінами та погіршенням стану родючості ґрунтів.

3. Згідно з представленими даними, існує значна розбіжність у впливі елементів технології на врожайність гороху. Це може бути пояснено різноманітністю ґрунтових і кліматичних умов, а також різними аспектами технології інтенсивного вирощування та іншими чинниками. Це підтверджує необхідність подальших досліджень щодо оптимізації живлення рослин, зокрема використання мінеральних добрив, обробки насіння мікродобривом

Нановіт Мікро, а також проведення позакореневого підживлення мікродобривами Нановіт та Бором, органо-мінеральним добривом Органік Д-2М - тобто на засадах застосування ресурсозберігаючих елементів технології у Південному Степу України.

Публікації за розділом 1:

1. **Yermolaiev V. M.**, Gamajunova V. V. Modern trends in pea cultivation in Ukraine and the world. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет*. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 136. Ч. 1. С. 106–116. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.15> [306].

2. Воронкова Г. М., **Єрмолаєв В. М.**, Гамаюнова В. В. Перспективи вирощування бобових культур в Україні. Матеріали доповідей III міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 75-ти річчя від дня народження професора Валентини Василівни Калитки «*Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату*» (26 травня 2021 року) Мелітополь, 2021. С. 39–41. [29].

3. Гамаюнова В. В., **Єрмолаєв В. М.**, Воронкова Г. М., Бакланова Т. В., Сидякіна О. В. Бобові рослини в екологічному землеробстві. *Кліматичні зміни та сільське господарство*. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, 15 листопада 2022 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2022. 170 с. С.77–79. [47].

4. Гамаюнова В. В., **Єрмолаєв В. М.**, Бакланова Т. В. Бобові на півдні, сучасні підходи до вирощування. *Modern tools and methods of scientific investigations: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference*, May 26, 2023. Antwerp, Kingdom of Belgium: European Scientific Platform. С.59–63. [43].

5. **Єрмолаєв В. М.**, Гамаюнова В. В. Екологічні аспекти використання гороху. *Екологія – філософія існування людства*: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. м. Київ, 24-25 квітня 2024 р., НУБіП України. Київ, 2024. С. 93–94. [90].

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика ґрунту дослідних ділянок

Експериментальні дослідження проводили на дослідному полі у Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського НАУ протягом 2021-2023 рр. за загальноприйнятими методиками. Ґрунтова відміна - чорнозем південний малогумусний слабкосолонцюватий важкосуглинковий з вмістом гумусу в орному шарі 3,2-3,3%, середньою забезпеченістю рухомими формами азоту, фосфору і калію.

Чорнозем південний - це один з найпоширеніших типів ґрунтів на території України, особливо в південних регіонах, до яких відноситься Миколаївська область. Він представляє групу чорноземів, які є одними з найродючіших ґрунтів у світі. Чорнозем південний характеризується своєрідною структурою, складом і властивостями, які забезпечують його високу родючість і широке використання у сільському господарстві.

Основним компонентом чорнозему південного є глина, яка складає близько 40-60% його маси. Глина має дрібну зернисту структуру і добре утримує вологу, що сприяє збереженню вологості в ґрунті під час сухих періодів. Крім глини, чорнозем південний містить також пісок, суглинок і органічну речовину. Органічна речовина відіграє важливу роль у формуванні родючості ґрунту, сприяючи утриманню вологи, поживних речовин і мікроорганізмів.

Чорнозем південний має темно-коричневий або чорний колір, що зумовлено високим вмістом органічної речовини. Висока родючість цього ґрунту дозволяє вирощувати різноманітні культури, зокрема зернові, олійні, овочеві, фруктові та інші. Чорнозем південний також володіє доброю

вентиляцією і дренажем, що сприяє оптимальному розвитку кореневої системи рослин і забезпечує їх стабільне живлення.

Характерною ознакою чорноземів південних є невелика товщина горизонтів, проникання і фіксація гумусних речовин (50-60 см). На глибині 60-120 см розвинений ущільнений шар буруватого забарвлення з нагромадженням вуглекислих кальцію і магнію у вигляді білих плям.

Особливістю цих ґрунтів є також наявність гіпсу на глибині 2,5-4 м.

Чорноземи південні утворилися за умови чітко вираженого дерново - гумусно акумулятивного процесу ґрунтоутворення. Відбувається він під впливом багаторічної трав'янистої рослинності в умовах помірного вологого клімату і найбільш енергійно на нещільних карбонатних гірських породах.



Рис. 2.1. Чорнозем південний

Чорноземи південні мають потужність гумусового горизонту (Н+Н_р) 55-65 см, вміст гумусу 3-6%.

Помірне зволоження при не промивному типі водного режиму, що характеризується чергуванням низхідних та висхідних потоків ґрунтової вологи, призвело до рівномірного просочування профілю гумусом і вилугування легкорозчинних сполук і карбонатів кальцію (останній вимивається з верхнього шару). Перехідні до материнської породи горизонти,

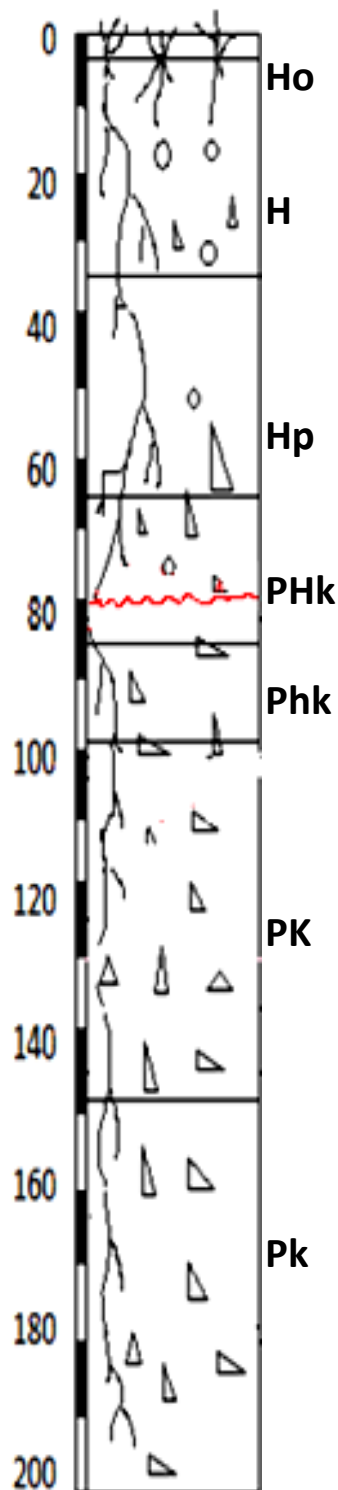
як правило, збагачені карбонатами кальцію (CaCO_3). Насиченість вбирного комплексу кальцієм та закріплення ґрунтових колоїдів (глини і гумусу) сприяють утворенню агрономічно цінної водостійкої зернисто-грудкуватої структури. Руйнування мінеральної частини не спостерігається.

Саме дерновий процес призводить до формування різних чорноземних ґрунтів, які характеризуються високою гумусованістю, насиченістю кальцієм, нейтральною або близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину, сприятливими фізико-механічними властивостями.

В. В. Докучаєв перший надав перелік морфологічних показників, за якими виконують опис профілю ґрунтів у польових умовах, а також надав індексування генетичних горизонтів, які у вертикальному розрізі складають профіль будь-якого ґрунту. Верхні горизонти за В. В. Докучаєвим мають індекс «А», перехідні – «В», материнська порода – «С». Це індексування генетичних горизонтів з деякими доповненнями (A_1 , A_2 , B_1 , B_2 тощо) використовують практично всі ґрунтознавці світу, зокрема і в останній реферативній базі ґрунтів (WRB) світу. Ґрунтознавці України використовують систему індексування генетичних горизонтів, яку розробив академік О. Н. Соколовський. За О. Н. Соколовським гумусові горизонти мають індекс «Н» (лат. *humus*); перехідні: «Нр» (верхній), «НР» (нижній); материнська порода – «Р» (лат. *petra* – камінь, порода); елювіальні горизонти – «Е» (лат. *eluo* – вимиваю); ілювіальні – І (лат. *iluo* – вимиваю); кальцій карбонати – «к», легкорозчинні солі – «s» (лат. *sals* – сіль) тощо. Це індексування генетичних горизонтів пройшло гарну апробацію і атестацію під час великомасштабних ґрунтових обстежень території України у 1957-64 рр. на площі більше 45 млн га, під час яких були складені карти ґрунтів конкретних господарств, адміністративних районів, областей і країн. Відома карта ґрунтів України у масштабі 1:750 000, яка створена на основі генералізації обласних ґрунтових карт, тепер широко використовується в народному господарстві України. Під час складання карт в експедиційних польових умовах кожен ґрунтознавець визначав конкретний таксон ґрунту (тип, підтип, рід, вид, різновидність,

розряд тощо) на основі аналізу основних макроморфологічних показників ґрунтів [76, 77].

Профіль ґрунтів диференційований, розчленований на гумусний і два перехідних горизонти (рис. 2.1, 2.2).



Но $\frac{0-3}{3}$ — степова повсть — опад злаково-трав'янистої рослинності;

Н $\frac{3-35}{32}$ — перегнійно-аккумулятивний горизонт, темно-сірий з коричневим відтінком, середньосуглинковий до важкосуглинкового, пороховато-грудкуватої структури, підорний грудкувато-зернистий, пухкий, щільно пронизаний червоточинами, збагачений на копроліти, коренів багато, перехід поступовий;

Нр $\frac{35-65}{30}$ — перегнійно-перехідний (верхній перехідний) горизонт, темно-сірий з буруватим відтінком, середньосуглинковий до важкосуглинкового, зернисто-грудочкуватої структури, від великої кількості кротовин має ніздрюватий вигляд, ущільнений, багато копролітів, перехід поступовий;

PHk $\frac{65-86}{21}$ — горизонт гумусових затьоків, брудно-темнувато-бурого забарвлення, щільний, пористий, багато копролітів, перемішаний кротовинами, вицвіти карбонатів, перехід поступовий;

Phk $\frac{86-98}{12}$ — перехідний (нижній перехідний) горизонт, темно-бурого кольору з великою кількістю темнувато-бурих і темно-бурих плям, горіхуватої структури, щільний, коренів мало, вицвіти карбонатів, перехід поступовий;

PK $\frac{98-148}{50}$ — карбонатний горизонт, сіро-бурого кольору, дуже щільний, карбонати у вигляді рясної білозірки, коренів немає; перехід поступовий;

PK↓148 — материнська порода — карбонатний лес, палево-бурого кольору, карбонати у вигляді зерен білозірки, з глибини 2 м зустрічаються друзи гіпсу.

Рис. 2.2. Ґрунтовий профіль чорнозему південного малогумусного на лесі

Горизонт А товщиною 25-40 см має темно-сірий або темно-бурий колір, грудкувату структуру, часто з незначним коричневим відтінком. Загальна товщина гумусного горизонту (A+Bi) 45-60 см.

В ілювіальному карбонатному горизонті чітко виражена «білозірка». Лінія скипання знаходиться в нижній частині горизонту Bi, або на межі з гумусним горизонтом [9, 71, 187, 232, 238].

Перехідний горизонт (B_к) темнувато-бурий, слабоуцільнений, по всьому профілі карбонатний. Товщина гумусного горизонту у чорноземів південних, звичайних і солонцюватих легко- і важкосуглинкових збільшується у напрямі зі сходу на захід - від 50-75 см на Лівобережжі Дніпра до 60-85 см на Правобережжі, на легкосуглинкових лесовидних породах досягає 80-100 см і більше. Товщина гумусного горизонту чорноземів південних міцеляро-карбонатних у Задніпров'ї – 65-85 см, а в Кримському Степу – 45-65 см.

З глибини 2,5-3,0 м починається сольовий пояс - друзи гіпсу і легкорозчинних солей. На схилах сольовий пояс залягає на глибині 2,0-2,5 м.

Реакція чорноземів південних нейтральна або слабкокисла, рН водної витяжки 6,5-7,5. Сума обмінних увібраних основ коливається від 5-15 до 17-50 мг-екв на 100 г ґрунту.

Основні водно-фізичні і фізико-хімічні властивості орного шару чорнозему південного дослідної ділянки наведені в таблиці 2.1.

У складі обмінно-увібраних катіонів на частку кальцію припадає 22-27, магнію – 7,2-8,5, натрію – 0,3-0,5, калію – 0,7-0,8 мг.-екв./100 г ґрунту, тобто ґрунтово-вбирний комплекс насичений в основному кальцієм і магнієм.

Хімічний склад ґрунту формується в результаті взаємодії багатьох складних процесів і значною мірою впливає на його родючість, фізичні та біологічні властивості, тобто відіграє вирішальну роль в житті рослин. В одному випадку можливий дефіцит макро- або мікроелементів, необхідних для нормального росту й розвитку рослин, в іншому – надлишок токсичних сполук, які спричиняють засолення, осолонцювання або будь-які інші

негативні явища в ґрунті. Хімічний склад чорноземів південних дослідної ділянки наведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

**Морфологічні і водно-фізичні та фізико-хімічні властивості
чорноземів південних**

Водно-фізичні показники		Фізико-хімічні показники		
Показник	Значення показника	Показник	Значення показника	
Щільність складення	1,21-1,24	Вміст гумусу	2,9-3,2	
Щільність твердої фази ґрунту	2,61-2,62	pH	6,8-7,2	
Максимально-адсорбційна вологоємність, %	5,5-6,5	Поглинуті катіони, мг.-екв. на 100 г ґрунту	Ca ²⁺	22,0-27, 0
Вологість в'янення, %	11,0-13,0		Mg ²⁺	7,2-8,5
Найменша вологоємність, %	27,5-32,5		Na ⁺	0,3-0,5
Капілярна вологоємність, %	32,5-37,5		K ⁺	0,7-0,8

Таблиця 2.2

Валовий вміст хімічних елементів у чорноземі південному, %

Вміст окислів	Генетичний горизонт				
	Hn	Hp(i)	Phi(k)	Ph	PK
SiO ₂	74,2	73,2	69,1	67,8	68,2
Fe ₂ O ₃	4,6	4,5	4,4	3,2	5,0
Al ₂ O ₃	13,2	14,0	13,1	13,0	12,7
CaO	1,7	0,9	7,2	9,8	9,2
MgO	1,7	2,2	1,9	2,1	2,2
Na ₂ O	0,9	1,0	0,5	0,7	0,6
MnO	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
SiO ₂ :R ₂ O ₃	7,5	7,5	7,3	7,2	7,1

Реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН – 6,8). Вміст гумусу в шарі 0 – 30 см становить 3,3%. Запаси рухомих форм елементів живлення в орному шарі ґрунту складають: нітратів – 1,8, фосфору – 7,9, калію – 27,5 мг на 100 г ґрунту. Важливим показником якісної оцінки землі є бонітет ґрунтів, величина якого в господарстві складає 58 балів.

Вміст гумусу, валового азоту і рухомого фосфору по генетичних горизонтах чорнозему південного ННПЦ МНАУ демонструють рис. 2.3, 2.4 і 2.5.

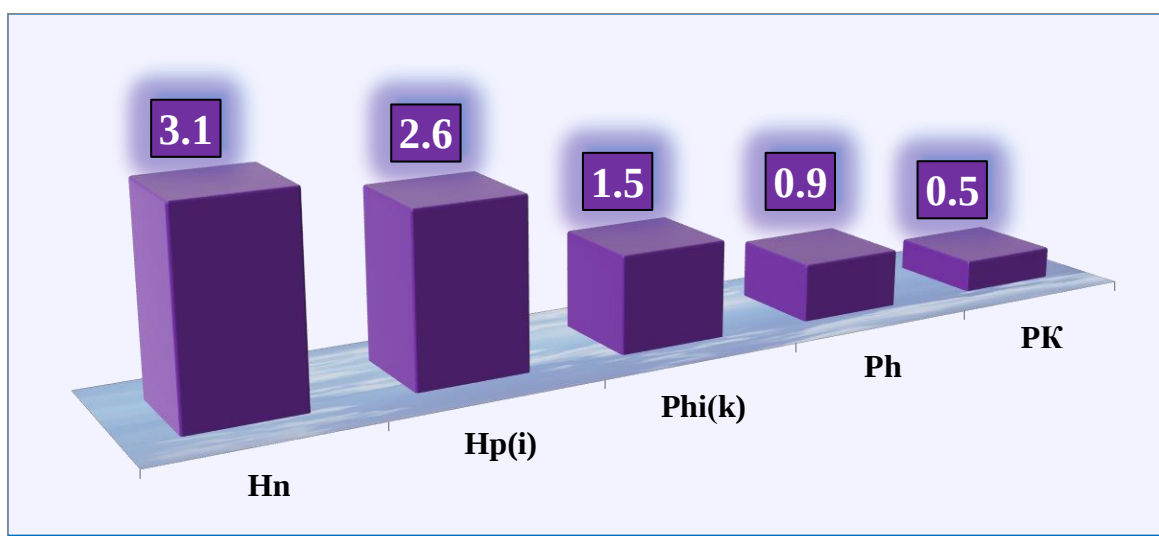


Рис. 2.3 Вміст гумусу (за Тюрінім) по генетичних горизонтах чорнозему південного, %

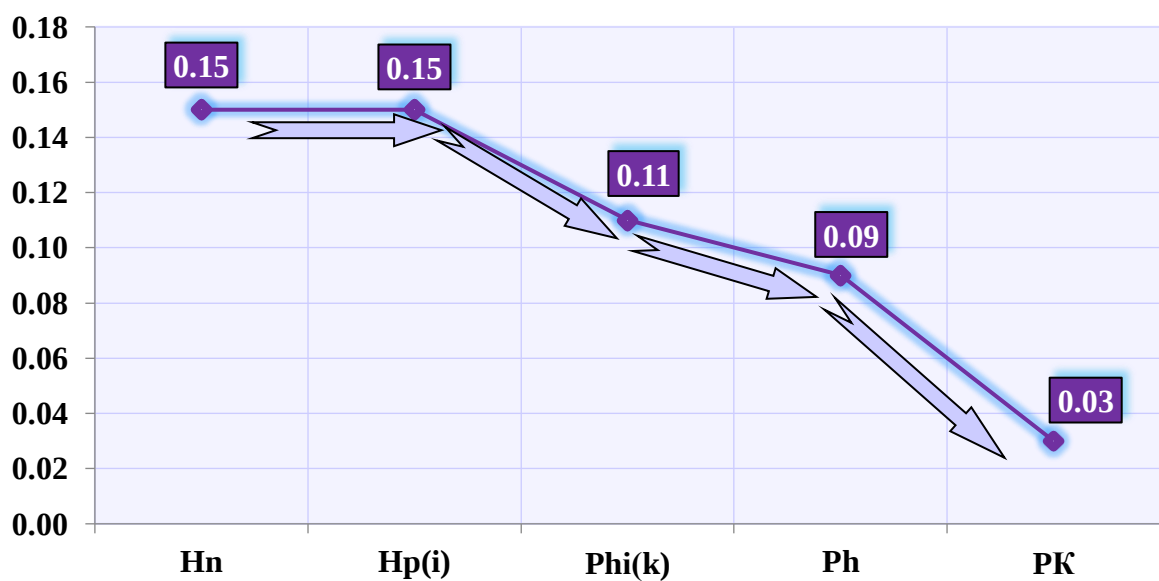


Рис. 2.4 Вміст валового азоту (ГОСТ 26107-84) по генетичних горизонтах чорнозему південного, %

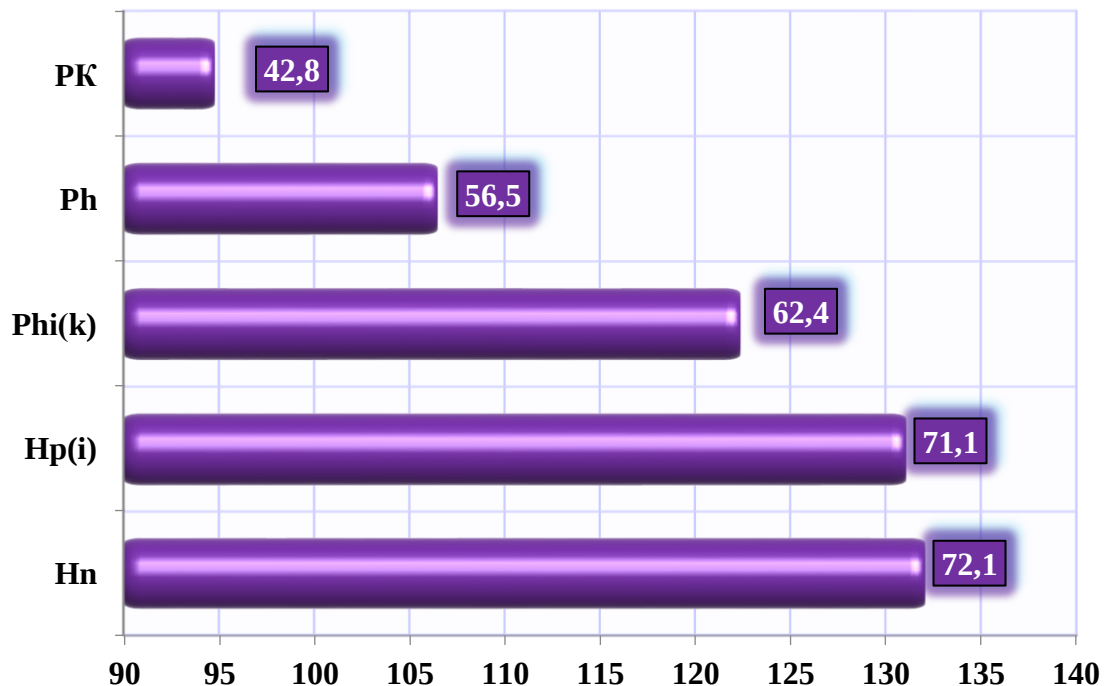


Рис. 2.5 Вміст рухомого фосфору (за Мачигінім) по генетичних горизонтах чорнозему південного, мг/кг ґрунту

Одним з основних чинників формування чорнозему південного є клімат. Тепле літо і помірна зима сприяють активному розкладанню органічної речовини і формуванню гумусу. Вологість повітря і опади також впливають на розвиток чорнозему, оскільки забезпечують зволоження ґрунту і надходження необхідних поживних речовин [10, 21, 22, 35, 150, 234].

Чорнозем південний є важливим ресурсом для сільського господарства і промисловості Миколаївської області. Висока родючість цього ґрунту дозволяє отримувати високі врожаї і забезпечувати формування сталої продуктивності сільськогосподарських культур. Чорнозем південний також використовується для вирощування технічних культур, таких як буряк цукровий, соняшник, льон та інші.

Однак, експлуатація чорнозему південного пов'язана з ризиком його деградації. Неправильне використання ґрунту, таке як надмірне зрошення або

недостатнє використання органічних добрив, може призвести до зниження родючості і ерозії ґрунту. Тому важливо забезпечити раціональне використання чорнозему південного і збереження його родючості на майбутнє [24, 200, 201, 226, 266].

Висока родючість, хороша вентиляція і вологоутримуюча здатність роблять чорнозем південний одним з найцінніших природних ресурсів Миколаївської області. Він забезпечує необхідні умови для розвитку сільського господарства, розширення аграрного сектору економіки та забезпечення продовольства для населення. Чорнозем південний є одним з найбільших природних багатств регіону і важливим елементом його природного ландшафту.

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Миколаївська область розташована в південній зоні України і має досить мінливі кліматичні умови. Це регіон з помірним континентальним кліматом, який характеризується теплим літом і помірно холодною зимою [2, 192].

Літо в Миколаївській області дуже спекотне і сухе. Середня температура влітку становить близько +25-30 градусів Цельсія, але може досягати і +35 градусів і вище у спекотні дні. Часто влітку випадають дощі, які допомагають зберегти вологу в ґрунті і рослинах. Однак, сухий вітер може спричинити посуху і швидко знизити вологість повітря.

Зима в Миколаївській області помірно холодна з середньою температурою близько -5 градусів Цельсія. Температура може знижуватись до -15 градусів у холодні дні. Сніг часто випадає взимку, але його кількість залежить від року. Зимові морози можуть тривати кілька тижнів, але зазвичай їх замінюють теплі періоди.

Осінь і весна в Миколаївській області досить м'які і короткі. Весна настає рано, і температура починає підвищуватись вже в березні. Осінь триває до листопада і характеризується прохолодною погодою та частими дощами.

Миколаївська область також підлягає впливу Чорного моря, що розташоване на півдні. Це призводить до помірної клімату з високою вологістю повітря. Чорне море також позначається на температурному режимі, зменшуючи різницю між літом і зимою. Середньобаторічні показники температури повітря наведені на рис. 2.6.

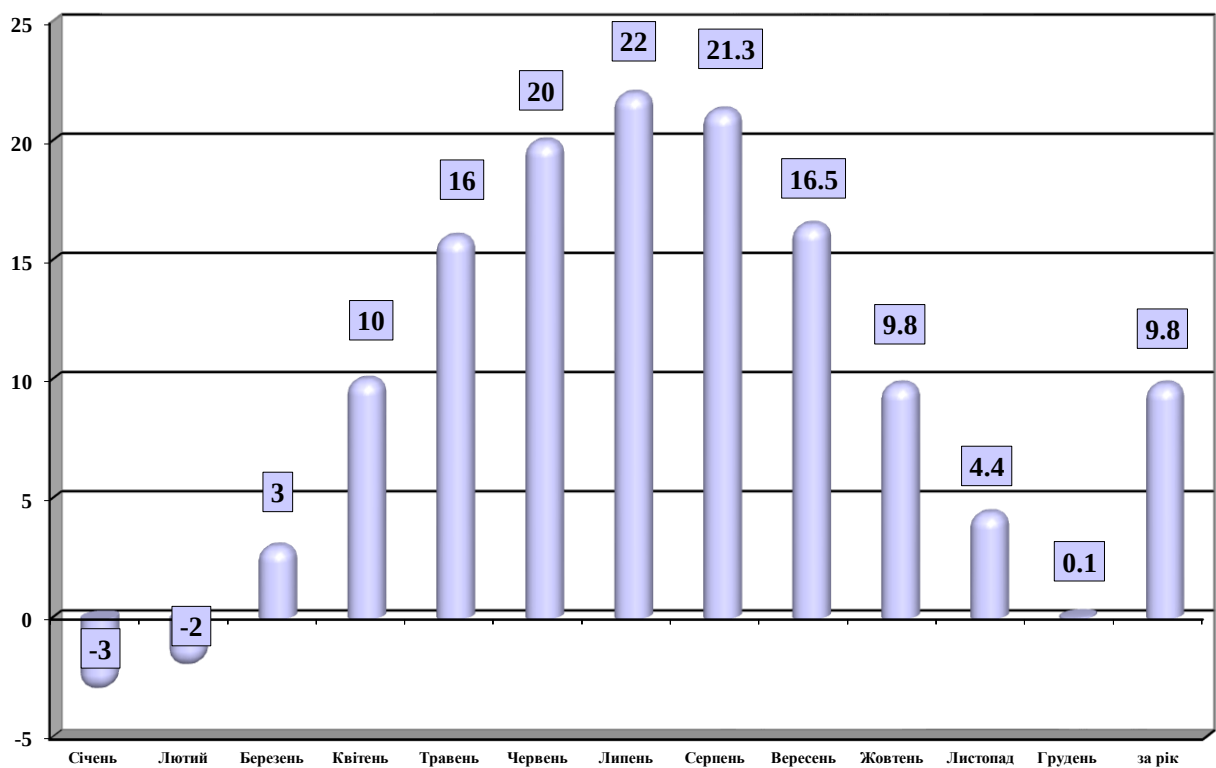


Рис. 2.6. Середньобаторічні показники температурного режиму атмосферного повітря Миколаївської області, °C

Температуру повітря Миколаївської області в роки проведення досліджень представлено на рис. 2.7, 2.8.

Кліматичні умови Миколаївської області сильно впливають на ведення сільського господарства та відповідно пов'язаних з ним інших галузей промисловості. Вологість повітря і достатня кількість опадів дозволяють

вирощувати більшість видів культур і забезпечувати їх урожайність. Однак, сухі періоди можуть викликати проблеми з поливом і зниженням урожайності [111, 112, 166, 179].

Узагалі, Миколаївська область має сприятливий клімат для життя людей і розвитку економіки. Тепле літо і помірна зима створюють комфортні умови для відпочинку та туризму. Кліматичні умови області є одним з її найбільших природних багатств, які приваблюють багатьох людей до цього регіону.

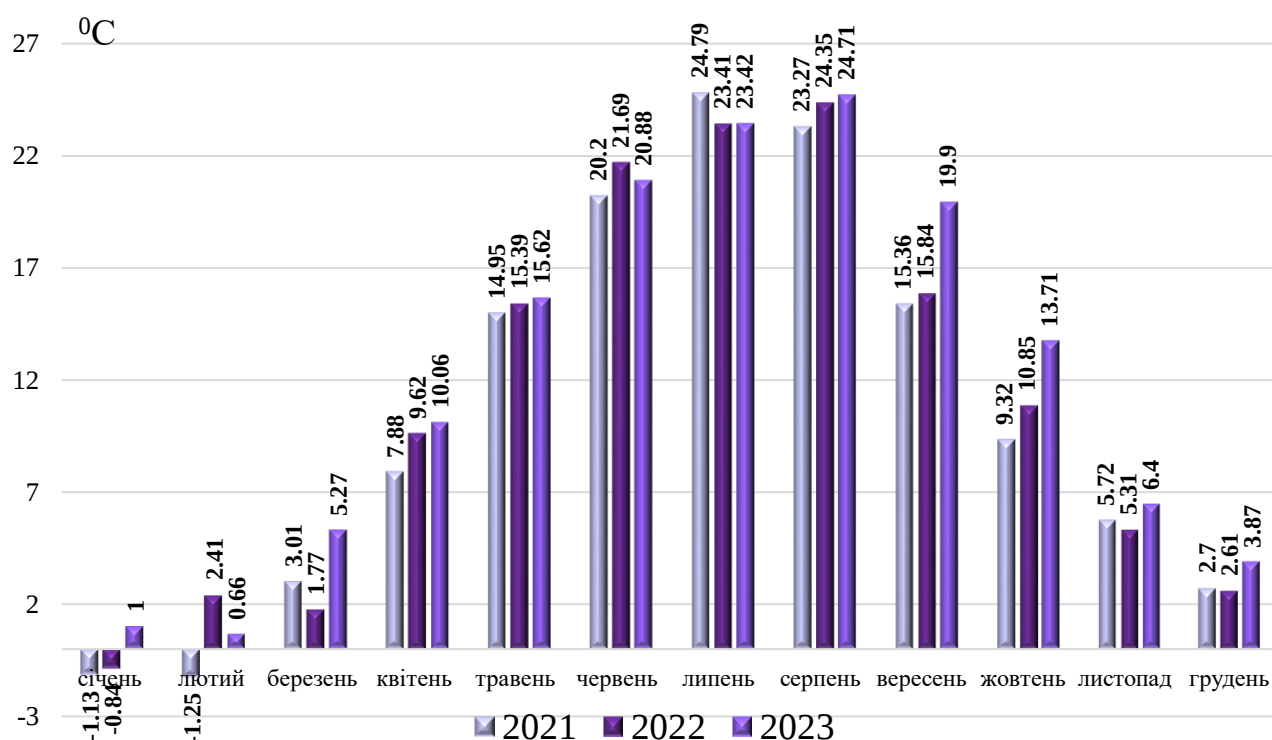


Рис. 2.7. Середньомісячна температура повітря за даними метеостанції

МНАУ, °C

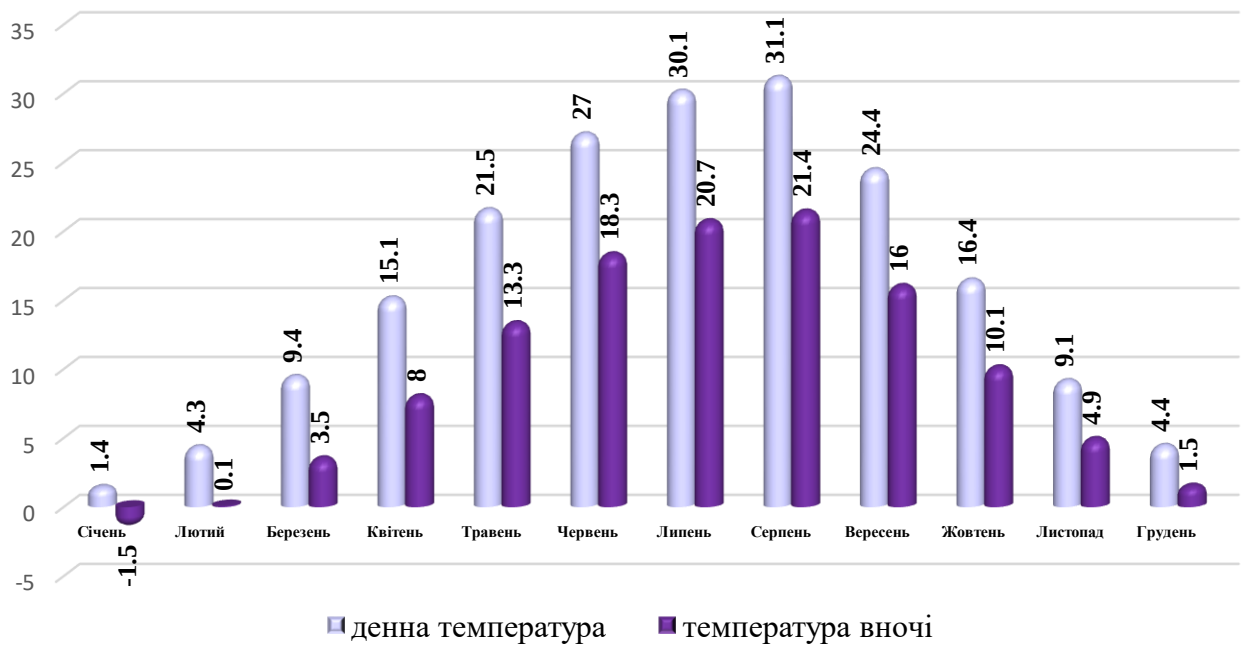


Рис. 2.8. Середня температура повітря в день і вночі за даними метеостанції МНАУ, °C

Відносна вологість повітря - важливий показник, який характеризує ступінь насичення повітря водяною парою, та характеризує «сухість» клімату. Для сільськогосподарських культур складаються оптимальні умови для росту і розвитку за відносної вологості повітря на рівні 60-80% у посівах або насадженнях. Цей показник виявляє зворотну залежність від температури, з найвищими значеннями у холодний період року (80-90%) і найнижчими у липні та серпні (40-60%). Якщо вологість знизиться нижче 30% та буде сильний вітер (один раз на п'ять років понад 20 м/с), можуть виникнути суховії. Дні з суховіями, як правило, супроводжуються вітром понад 5 м/с, відотною вологістю менше 30% та температурою повітря на рівні 25°C і вище.

Більш як 30% родючих земель в Україні постійно страждають від водного дефіциту, і у середньому раз на 10-12 років країну охоплюють сильні посухи, які зачіпають понад половину її території. Ймовірність посух у Південному Степу становить 40-70%. Майже щороку спостерігаються періоди без дощів, включаючи один раз у два роки тривалістю понад сорок днів [195].

Літні посухи спостерігаються частіше, ніж весняні та осінні, з найбільшою їх повторюваністю (80-90%).

Миколаївська область має середню відносну вологість повітря протягом року на рівні 60-70%, влітку цей показник знижується до 40-60%. Вдень вологість зазвичай знижується до 30% і менше, а в сухі дні - до 10-20%. Це призводить до посухи повітря та ґрунту, часто супроводжується пиловими бурями, що завдають шкоди сільському господарству регіону. Коефіцієнт тепла води не перевищує 0,8-0,9, що свідчить про посушливий клімат. Бездощові періоди можуть тривати до 2,5-3 місяців, тому сталу урожайність сільськогосподарських культур в регіоні можливо отримати лише на зрошуваних землях. Показники середньобогаторічної вологості повітря м.Миколаєва представлені на рис. 2.9.

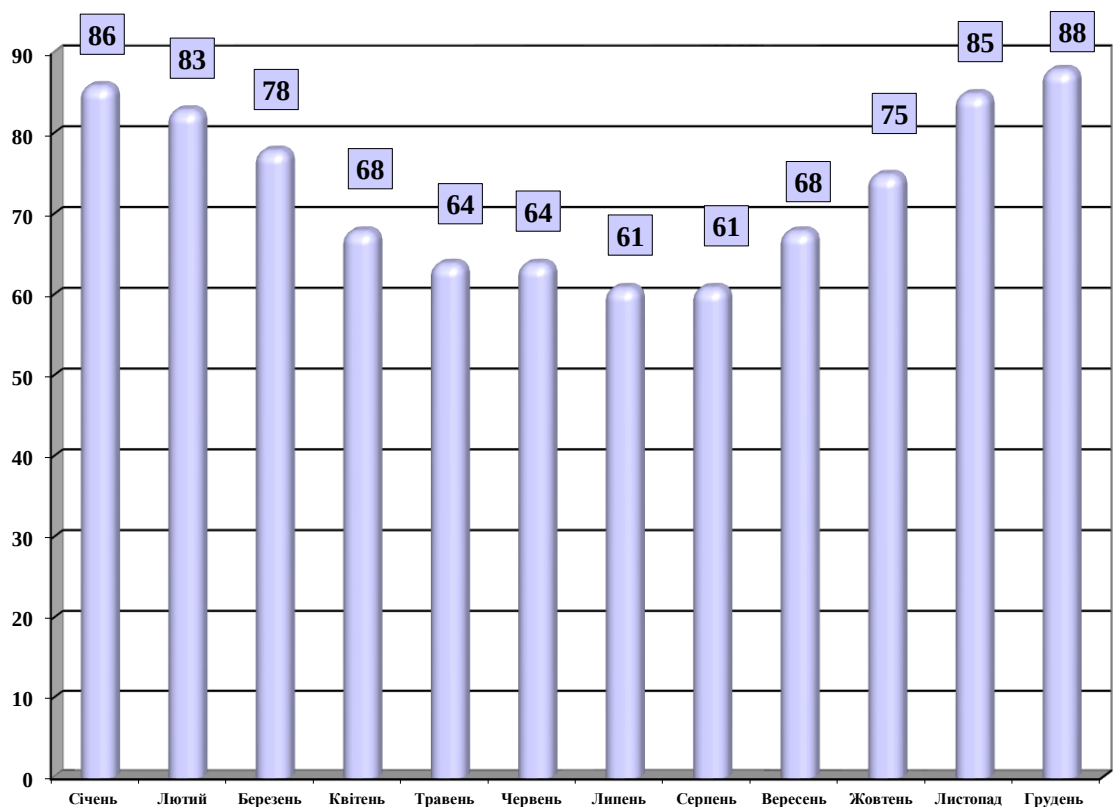


Рис.2.9. Середньобогаторічна відносна вологість повітря, %

Середньобогаторічна кількість опадів складає 352 мм (рис. 2.10). Відповідно до наведених даних, найбільша кількість опадів випадає у травні та серпні – відповідно 36 і 37 мм. У лютому випадає їх найменше – 20 мм.

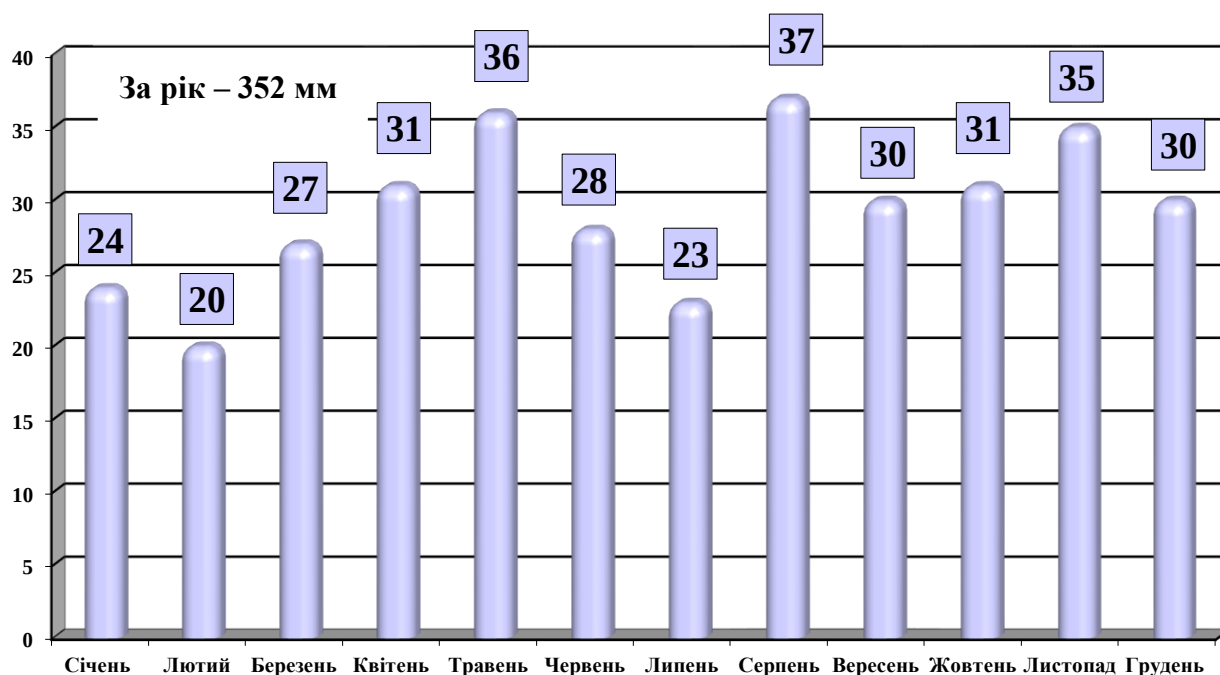


Рис. 2.10. Середньобогаторічні показники кількості опадів у Миколаївській області, мм

Безморозний період триває 165-220 днів, а вегетаційний - 210-245 днів. Загальна активна температура повітря вище 10 °С досягає 3400 °С, а річна абсолютна максимальна температура - +38 °С. Останній весняний заморозок можна спостерігати наприкінці квітня, а перший осінній - наприкінці жовтня.

Літні опади становлять 1/4 річної їх кількості. Як правило, літні опади інтенсивні, іноді супроводжуються градом. Після рясних опадів, особливо в останні роки, вода, що має надходити у ґрунт, через його ущільнення, стікає та як правило випаровується, а не поглинається ґрунтом.

Середньомісячну суму опадів у роки проведення досліджень наведено на рис. 2.11.

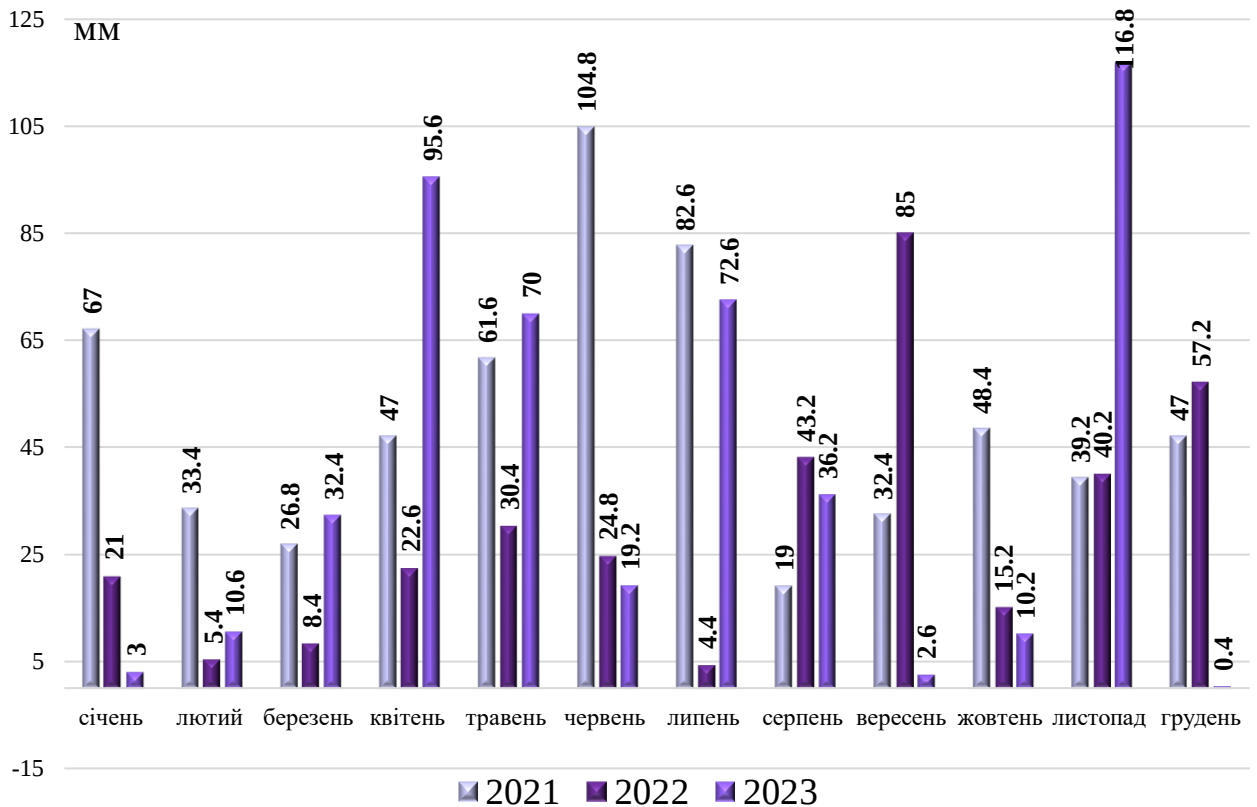


Рис. 2.11. Середньомісячна сума опадів у роки проведення досліджень за даними метеостанції МНАУ, мм

Аналіз метеорологічних даних показує, що за роки проведення досліджень, погодні умови регіону відрізнялись від середніх кліматичних багаторічних показників.

2021 р. Зима у Миколаївській області була доволі теплою із незначною кількістю відлиг. Середня температура зимового періоду склала 0,28 °С. Наприкінці другої декади січня відбулося значне, але нетривале зниження температури до -17 °С, а у II - й декаді лютого температура в окремі дні досягала -11 °С. Зазначений період морозів супроводжувався випаданням кількості опадів у сумі 12,8 мм у вигляді снігу. Погодні умови вирізнялися наявністю сильного поривчастого вітру з швидкістю 14,8 м/с. Напрямок вітру був переважно північним та північно-західним.

Сніговий покрив був не значним та не тривалим. Найбільш холодними періодами зими характеризувались січень та лютий. Їх середньомісячна температура склала 0,6 °С, що виявилася на 2,4 °С вище порівняно із

середніми багаторічними показниками. Кількість опадів за весь зимовий період у середньому склала 97 мм. Біля 60% їх випало у січні місяці – 57,8 мм.

Такий перебіг погодних умов за період зими 2021 р. дозволяє вважати, що вона була теплішою від багаторічних кліматичних показників.

Середня температура за весняний період 2021 року фактично була теплішою у порівнянні з попередніми роками і визначена як 9,3 °С. Активні температури вище 10 °С почали наростати з кінця II – ої декади квітня. Цей процес продовжувався до II – ої декади жовтня. Сума позитивних температур загалом склала 3374 °С. У продовж весни температурний режим повітря поступово зростав без аномальних особливостей та значних відхилень від багаторічних показників.

Загальна кількість опадів за період весни у зазначеному році склав 150,6 мм. Слід зазначити, що найбільша їх кількість випала у II – ій декаді травня. Весна супроводжувалася сильними поривчастими вітрами із швидкістю 13,2 м/с – 13,8 м/с. Вологість повітря весною 2021 року становила 80,3 – 76,9 %. Оптимальна температура ґрунту, для сівби гороху на глибині заробки насіння встановилась на початку березня.

Початок літа був прохолодним. У I - ій декаді червня температура досягала до 15 °С. Високою була вологість повітря та ґрунту.

Середня температура за весь період літа склала 23,4 °С. Найвищих значень 37,4-39,6 °С температура досягла у II – ій декаді липня. Зволоження ґрунту було оптимальним, чому сприяли травневі та червневі опади. Вони забезпечили оптимальний, навіть підвищений запас вологи в ґрунті для сприятливого перебігу розвитку культури гороху посівного та інших ярих рослин. Загальна кількість опадів за червень місяць склала 111 мм. Вони забезпечили сприятливі умови для дозрівання бобів. Проте надлишкова кількість вологи викликала певні утруднення зі збиранням врожаю та дещо подовжила вегетацію рослин гороху. Відносна вологість повітря була оптимальною та коливалась у межах 61,5-78,6 %.

У загальному підсумку погодні умови 2021 року для Миколаївської області були не типовими для регіону через надмірну кількість опадів. За рік загалом випало 525,2 мм опадів. Відповідно визначеного показника ГТК, який склав 1,4, зазначений рік досліджень можна характеризувати як надмірно вологий.

Середньорічна температура повітря склала у середньому 11,0 °С, та на 0,6 °С перевищувала середньо-кліматичне значення її для регіону.

2022 р. Зимовий період року виявився теплішим від попереднього для Миколаївської області. Середня температура за зиму склала 1,6 °С. Були короткочасні заморозки, прояв яких спостерігали у III – й декаді грудня - -10,5 °С, а у II – й декаді січня вона склала -8,04 °С. У I – й декаді січня повітря погрілось до 7,5 °С, а у III – й декаді лютого – до 8,6 °С. Більшою кількістю сонячних днів вирізнявся місяць лютий. Це пов'язано з меншою кількістю опадів, яка випала впродовж його тривалості. Загалом за зимовий період кількість опадів склала 67 мм, у тому числі більшість із них випала у січні.

Сніговий покрив у першій декаді до 24 січня практично був відсутній, у II – й та III – й декадах був зовсім незначним.

Лютий видався одним з найтепліших та посушливих за весь період спостережень. Середня місячна температура склала 0-5 °С тепла, що вище за кліматичну норму на 3-5°С. Таким чином, лютий за температурою відповідав типовому березню. Мінімальна температура досягала до 4-13°С морозу, максимальна – 6-17°С тепла. Опадів випало недостатньо (7-19% від місячної норми).

У березні середньомісячна температура була на 1-3°С нижчою за норму. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +5°С у бік підвищення відбувся впродовж 20-22 березня, що є в межах норми.

Умови для сівби були сприятливими, проте вологість ґрунту швидко зменшувалася. У квітні середня місячна температура була близькою до норми. Мінімальна температура становила 0-7 морозу; максимальна –19-27 °С тепла.

Заморозки, які були короткочасними та незначними не вплинули на отримання сходів та початковий період розвитку рослин гороху. У травні середня місячна температура була на 1-2°C нижчою за норму. Максимальних значень температура досягла 22-29 °C, до 32 °C, мінімальна – 0-8 °C тепла. Місяць видався посушливим: опадів випало 22-79 % від місячної норми. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +15°C у бік підвищення відбувся 5-12 травня, що в межах норми.

У червні середня місячна температура на 1-2 °C перевищила багаторічну норму. Максимальних значень вона досягла до рівня 30-37 °C, а мінімальних – 6-14 °C тепла. Опадів випало недостатньо: в основному 20-77 % від місячної норми.

За показниками вологості повітря, які склали 42 - 54 %, ГТК за зазначений період визначено на рівні 0,65. Звісно ж такі умови не могли бути сприятливими для росту і розвитку рослин гороху посівного у 2022 році досліджень.

2023 рік виявився одним із найтепліших за весь період метеорологічних спостережень: середня річна температура перевищила норму на 1 – 2,5 °C. Особливістю року стало найтриваліше метеорологічне літо, теплі зима та осінь.

Січень виявився аномально теплим, на більшій частині території з дефіцитом опадів. Середня місячна температура була на 1 – 6°C вищою за норму. Мінімальна температура становила 7 – 16 °C морозу. Відмічалися пориви вітру 15 – 20 м/с; температура коливалася вночі від 4 ° тепла до 5⁰ морозу, вдень 1 – 9 °C тепла. 07 – 09 січня відбувалося ультраполярне вторгнення арктичного повітря, випадав невеликий сніг, температура відчутно знизилася: вночі до 4 – 13 °C морозу. 28 – 30 січня у південних та південно-східних областях атмосферний фронт зумовлював сніг. Сніговий покрив був незначним та нестійким.

Лютий виявився теплішим від багаторічної норми на 1 – 3 °C. Мінімальна температура становила 8 – 16 °C морозу, максимальна 7 – 16 °C

тепла. Опадів випало 20 – 75 % від місячної норми. На початку та в другій половині місяця переважав широтний перенос повітряних мас. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік підвищення відбувся на більшій частині території України впродовж 11 – 25 лютого, що на 1 – 2 тижні раніше від середніх строків.

У березні середня місячна температура на 1 – 4 °С перевищувала норму. Мінімальна температура становила 1 – 9 °С морозу, максимальна 16 – 23 °С тепла. Опадів випало у межах місячної норми. Сніговий покрив був відсутній. Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +5 °С у бік підвищення відбувся впродовж 18 – 22 березня, що на 1 – 3 тижні раніше від середніх строків.

У квітні середня місячна температура була в основному близькою до норми. Мінімальна температура становила від 4 °С тепла до 2 °С морозу, максимальна 16 – 23 °С тепла. Опадів випало дещо менше від норми.

У травні середня місячна температура відповідала нормі. Максимальна температура становила 24 – 30 °С, мінімальна 1 – 8 °С тепла. Опадів випало 20 – 79 % від норми. У першій та другій декадах переважав антициклоніальний характер погоди, в третій декаді погоду визначала циклонічна циркуляція повітряних мас.

Стійкий перехід середньої добової температури повітря через +15 °С у бік підвищення здійснився 12 – 16 травня, що в межах норми.

У червні середня місячна температура виявилася близькою до норми. Максимальна температура була 28 – 36 °С, мінімальна 0 – 9 °С тепла. Опадів випало 22 – 77 % від норми, локально 1 – 1,5 норми.

Більшість місяців року виявилися аномально теплими (січень, серпень, вересень та жовтень) і теплими (лютий, березень, листопад, грудень), квітень, травень, червень і липень - в основному близькими до норми. Місцями в Миколаївській області перевищено абсолютний максимум за весь період спостережень у жовтні.

Річна сума опадів була в межах норми. У лютому, березні та квітні їх випало достатньо для отримання нормальних сходів та ростових процесів рослин гороху. У травні опадів було недостатньо: 20 – 79 % місячної норми. Травень виявився найпосушливішими за весь період спостережень загалом по Україні. Тривалими періодами надзвичайної (5 класу) пожежної небезпеки були: друга та третя декади травня.

Отже, роль температури повітря та кількості опадів є вирішальною для вирощування сільськогосподарських культур у Миколаївській області. Розуміння цих параметрів допомагає сільськогосподарським виробникам планувати посівні роботи, визначати оптимальні терміни збирання врожаю та вживати заходи для збереження вологи та родючості ґрунту.

Температурний режим впливає на фенологічні процеси рослин, такі як проростання насіння, розвиток рослин, цвітіння та дозрівання плодів. Вибір сортів культур, які витримують певний температурний режим, дозволяє максимізувати врожайність. Наприклад, для культур, які потребують високих температур, важливо обирати сорти, що адаптовані до спекотного клімату.

Кількість опадів також є критичною для успішного вирощування культур. Недостатня або надмірна кількість опадів може призвести до стресу для рослин, погіршення умов для їх розвитку та зниження врожайності. Знання типових опадових режимів допомагає виробникам планувати системи зрошення та дренажу, а також добирати культури, які краще адаптовані до конкретних умов забезпечення вологою [55].

Урахування температурного режиму та надходження опадів дозволяє селекціонерам створювати нові сорти та гібриди культур, які були б більш стійкими до кліматичних умов зони вирощування. Це є важливим для ефективного та стабільного забезпечення країни продовольством та сировиною для інших галузей промисловості.

2.3. Методика проведення польових дослідів

Дослідження проводили впродовж 2021-2023 рр. на дослідному полі Навчально-науково практичного центру Миколаївського НАУ. Горох сорту Мадонна вирощували після пшениці озимої. Грунтова відміна - чорнозем південний з вмістом гумусу в орному шарі 3,2-3,3%, середньою забезпеченістю рухомими формами азоту, фосфору і калію. Агротехніка вирощування гороху у досліді була загальноприйнятою для зони Півдня України.

Горох ярий висівали у першій декаді березня нормою 120 кг насіння на гектар (за схемою 15*15*30 см). Перед сівбою насіння обробляли Нановіт Мікро 1 л/т сумісно з фунгіцидом Каріоліс 1 л/т + Ліпосам 100 мл/т. Глибина заробки насіння складала 3-4 см. За утворення на рослинах 3-5 листків посів обробляли системним гербіцидом Агрітокс л/га та інсектицидом Хекат 150 мл/га з Ліпосамом 100 мл/га.

У фазу бутонізації проводили позакореневе підживлення рослин згідно схеми досліді. У цей же період одночасно додавали до суміші інсектицид Хекат 150 г/га + Імідоклоприт 300 г/га + Альфаципермитрин 150 мл/га + Альфалип 150 мл/га для захисту рослин.

Схема досліді включала 2 фактори (рис. 2.12).

Спостереження за станом рослин, відбір зразків та облік урожаю у досліді з горохом посівним проводили згідно зональних методичних рекомендацій та ДСТУ [80, 81, 82, 209].

Відповідно до поставлених завдань дисертаційної роботи ми провели наступні спостереження, обліки та аналізи.

Фактор А - Обробка насіння перед сівбою



Рис. 2.12. Схема проведення дослідів

Вологість у шарі ґрунту 0–100 см визначали до сівби та після збирання врожаю термостатно-ваговим методом. Для розрахунку сумарного водоспоживання використовували метод водного балансу. Коефіцієнт водоспоживання знаходили за відношенням показника сумарного водоспоживання до рівня врожайності зерна.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували із застосуванням програмного пакету Microsoft Office Excel та програмно-інформаційного комплексу Agrostat. Значення коефіцієнту кореляції аналізували за шкалою Чеддока [227].

Фенологічні спостереження з встановленням періоду настання фаз сходів, бутонізації, цвітіння, утворення плодів, наливу зерна, фізіологічної стиглості, а також обліки густоти рослин у фазу сходів і перед збиранням

врожаю проводили за "Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур" [155].

Виживаність рослин встановлювали як відношення кількості рослин перед збиранням до їх кількості у фазі сходів. Визначення структури врожаю проводили шляхом аналізу пробних снопів за показниками: кількість бобів з рослини, кількість зерен з рослини, маса зерна з рослини, маса 1000 зерен.

Загальний та активний симбіотичний потенціал визначали згідно за формулою $АСП = 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot T \cdot M \cdot M \times + (2.2)$ де T – період між двома сусідніми термінами аналізу, днів; $2 \cdot M1 + M2$ – середня маса бульбочок з легемоглобіном за період T , кг/га; – кількість фіксованого азоту розраховували за активним симбіотичним потенціалом і питомою активністю симбіозу, користуючись методикою [82];

Облік урожаю визначали шляхом обмолоту зерна у фазі повної стиглості комбайном SAMP0-130. Урожайність з ділянки приводили до стандартної 14 %-ної вологості та 100 %-ної чистоти. Вміст білку в зерні визначали методом інфрачервоної спектроскопії згідно ГОСТ 10846-91.

Економічну оцінку ефективності елементів технології вирощування розраховували за технологічними картами розрахунковим методом на основі фактичних цін у січні 2024 року за загальноприйнятою методикою з врахуванням витрат на 1 га, прибутку з 1 га, собівартістю та рівнем рентабельності. Розрахунки енергетичної ефективності проводили за методикою О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [154]. Математичну обробку результатів досліджень виконували методом дисперсійного та кореляційного аналізів із використанням комп'ютерних програм MS Office Excel, Statistica.

2.4. Характеристика сорту та препаратів, з якими проводили дослідження

Сорт відноситься до ранніх, вегетаційний період складає 68-80 днів (рис. 2.13). Сорт інтенсивного типу, придатний до механізованого збирання.

Високоврожайний - середня врожайність в Україні 3,7-5,0 т/га при потенціалі до 5,5 т/га. Посухостійкий. Стійкий до осипання. Сприйнятливий до аскохітозу та корневих гнилей (табл. 2.3).



Рис. 2.13. Загальний вигляд посіву гороху посівного сорту Мадонна

Маса 1000 зерен гороху сорту Мадонна досягає до 300 г. Вміст протеїну 22,5 - 23,7 %. Призначений для харчових цілей.

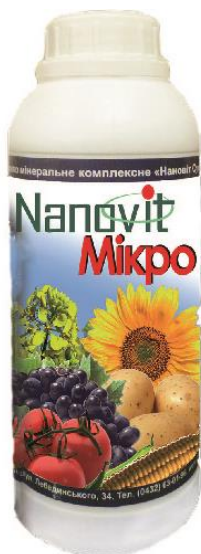
Сорт половинчасто-без листкового типу. Висота рослин 53-95 см. Максимальна кількість квіток на вузол - дві. Квітки білі. Боби дуже слабо вигнуті, з тупою верхівкою. Число сім'янок у бобі мале-середнє. Сім'ядолі жовті. Збір рекомендовано проводити при досяганні вологості зерна 16 – 19 % [12, 79, 116].

Таблиця 2.3

Характеристики сорту Мадонна

Морфо-біологічні характеристики										
Початок цвітіння	ранній	●	●	●	●	пізній				
Тривалість цвітіння	коротке	●	●	●	●	●	довге			
Достигання	раннє	●	●	●	пізнє					
Висота рослин	низька	●	●	●	●	●	висока			
Стійкість до вилягання	низька	●	●	●	●	●	●	●	●	висока
Урожайність та якість зерна										
Маса 1000 насінин	низька	●	●	●	●	●	висока			
Урожайність	низька	●	●	●	●	●	●	висока		
Вихід сирого протеїну з га	низький	●	●	●	●	●	●	високий		
Вміст сирого протеїну	низький	●	●	●	●	●	●	високий		
Придатність до обмолоту	низька	●	●	●	●	●	●	●	●	висока
Строки сівби										
Ранній строк										
Степ		75-80 схожих насінин на м ²								
Лісостеп, Полісся		85-90 схожих насінин на м ²								
Оптимальний строк										
Степ		85-95 схожих насінин на м ²								
Лісостеп, Полісся		90-100 схожих насінин на м ²								
Пізній строк										
Степ		95-105 схожих насінин на м ²								
Лісостеп, Полісся		100-110 схожих насінин на м ²								

Характеристика мінерального добрива **Nanovit Мікро**



Мінеральне добриво Nanovit Мікро – це високоефективний багатокomпонентний концентрат мікроелементів у поєднанні з азотом (N), магнієм (Mg) та сіркою (S) на основі унікального, багатofункціонального біологічно-активного комплексу Nanoactiv, який містить 15 L-амінокислот (гліцин, лізин, пролін, аланін, цистин, валін, метіонін, ізолейцин, лейцин, тирозин, триптофан, гістидин, фінілаланін, глутамін, глутамінова кислота), широкий спектр фітогормонів, моносахаридів, органічних кислот, гумінових та фульвокислот, а також полісахаридний прилипач (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Хімічний склад добрива, г/л

Азот загальний (N)	51
Магній (MgO) водорозчинний	58
Сірка (SO ₃) водорозчинна	50
Бор (B) водорозчинний	6,5
Мідь (Cu) водорозчинна	6,5
Залізо (Fe) водорозчинне	7,7
Марганець (Mn) водорозчинний	12
Цинк (Zn) водорозчинний	6,4
Молібден (Mo) водорозчинний	0,04
Амінокислоти	66,4
Органічні кислоти	67,8
Гумінові кислоти	3,3
Фульвокислоти	0,58
Фітогормони	0,0055
Моносахариди	0,049

Рідке добриво Нановіт Мікро має характерний темно-зелений колір, густина 1,28 г/см³. Мінеральне добриво призначене для позакореневого підживлення ріпаку, кукурудзи, соняшника, зернобобових, цукрових буряків, картоплі, овочевих культур, винограду, плодово-ягідних дерев та чагарників.

Рекомендується для застосування на посівах, які вирощуються за інтенсивними технологіями в період активного росту та розвитку рослин.

Водорозчинне мінеральне добриво Нановіт Мікро завдяки унікальному фітогормональному та амінокислотному складу оперативно стимулює метаболічні (обмінні) процеси в рослинному організмі, активізує процеси росту та розвитку рослин, інтенсифікує процес поглинання поживних речовин з ґрунту. Комплексне мінеральне добриво Нановіт Мікро підвищує стійкість рослин до хвороб, шкідників та несприятливих погодних умов, сприяє покращенню врожайності та якості отриманої продукції.

Рідке комплексне добриво Nanovit Мікро сумісне з більшістю пестицидів, але в кожному окремому випадку перед застосуванням рекомендується попередньо зробити тестове змішування, щоб перевірити сумісність продуктів.

Внесення добрива найкраще проводити рано-вранці або ввечері. Листове підживлення по листку не рекомендується під час поривчастого вітру, при високих температурах та інтенсивному сонячному випромінюванні. Допускається позакореневе підживлення по листку під час туману та невеликої роси, адже добриво з фосфором розподіляється тонким шаром на поверхні листа, при цьому не стікає та не випаровується з рослини завдяки прилипачу та складовій Nanoactiv Complex.

Характеристика органо-мінерального добрива «Органік Д-2М»



Органо-мінеральне добриво «Органік Д-2М» виготовлене на основі органічних кислот. Застосування такого добрива дозволяє забезпечити оптимальне живлення сільськогосподарських культур, знизити шкідливий вплив високих доз НРК, пестицидів, отрутохімікатів та радіонуклідів,

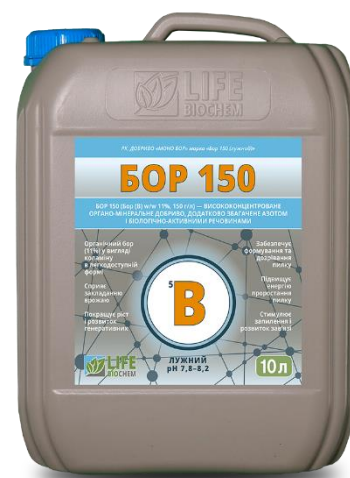
підвищити врожайність сільськогосподарських культур, їх якісну цінність, покращити родючість ґрунту та забезпечити екологічну безпеку.

Рекомендовані норми внесення комплексного добрива «Органік Д2-М» (для агроформувань різних форм власності) – для висівання насіння сільськогосподарських культур, вирощування розсади помідорів, капусти, перцю, огірків; вегетуючих – картопля, капуста, помідори, огірки, кабачки, баклажани, морква, цибуля – 3-4-разове обприскування у період вегетації з інтервалом 10-15 днів залежно від кліматичних умов та агрофону у нормі по 1 л/га.

Характеристика мікродобрива Бор для Гороху

Бор на Бобові. (Хелат Бор на Горох).
«Мікродобриво Бор для Гороху». Лайф Біохем

БОР 150 (w/w 11%) - висококонцентроване орґано-мінеральне добриво, додатково збагачене азотом і біологічно-активними речовинами, які виступають провідниками бору в рослини. Попереджує виникнення фізіологічних захворювань рослин (гнилей сердечка, розтріскування кореневої шийки, фомозу, фомопсису та недовиповненості кошика).



Препарат застосовують самотійно або сумісно з пестицидами та мікродобривами. Переваги препарату наведено на рис. 2.14, а його склад – рис. 2.15.

Запобіжні заходи: Не рекомендується змішувати із високоселективними гербіцидами, інсектицидами фосфорорганічної групи, мідьвмісними фунгіцидами. Рекомендовано провести попередній тест на сумісність.



Рис. 2.14. Переваги Бор 150 (лужний)

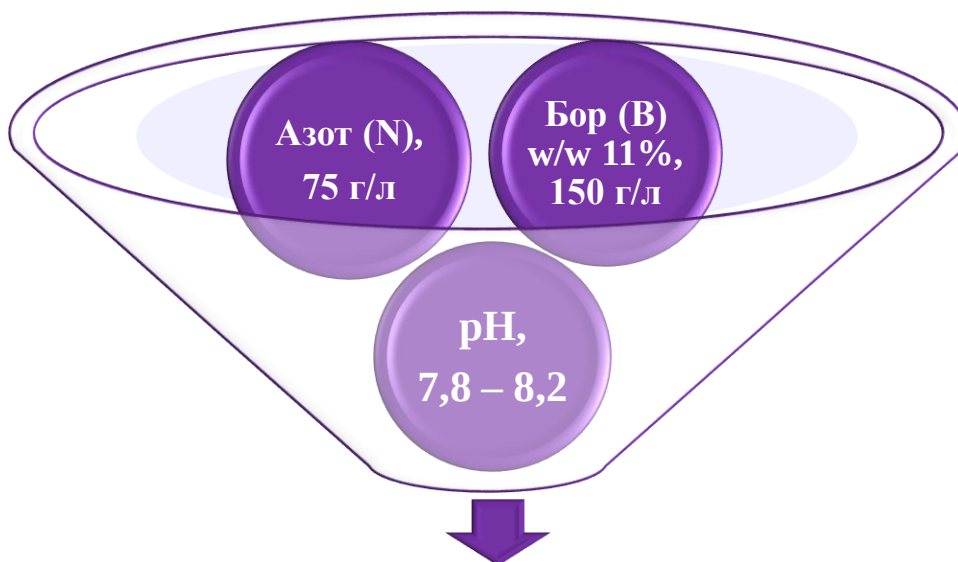


Рис. 2.15. Склад органо-мінерального добрива БОР 150

Висновки до розділу 2:

1. Географічне розташування та ґрунтові умови дослідних полів (Миколаївської області), відповідають вимогам вирощування культури гороху посівного. За характеристиками ґрунту - вмістом гумусу та основних елементів живлення він є достатньо родючим та здатним забезпечити сталу продуктивність зерна гороху.

2. За характеристикою погодних умов у роки проведення досліджень слід зазначити, що вони різнилися як за температурним режимом, так і надходженням атмосферних опадів, але в цілому були сприятливими для формування сталої зернової продуктивності рослин гороху посівного. Найбільш сприятливим визначено 2021 рік досліджень, а найменш сприятливим та посушливим – 2022 рік.

3. За період проведення досліджень визначали виживаність рослин, настання основних фенологічних фаз розвитку рослин, наростання надземної біомаси, симбіотичну активність, вологість ґрунту для визначення сумарного водоспоживання, коефіцієнту водоспоживання та всі інші параметри рослин урожайність і показники якості зерна, що передбачено завданнями досліджень. Застосовані методи та методики досліджень повністю

відповідають головній меті та були виконані відповідно до загальноприйнятих наукових рекомендацій, посібників та ДСТУ.

4. У розділі наведено характеристику сорту та препаратів, з якими проводили дослідження. Вони засвідчують ефективність та доцільність їх використання у технології вирощування гороху посівного.

РОЗДІЛ 3

ВОДОСПОЖИВАННЯ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЗА ВПЛИВУ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОРПРЕПАРАТАМИ ТА МІКРОДОБРИВАМИ ЗА РЕСУРСООЩАДНОГО ЖИВЛЕННЯ

Горох - одна з найбільш популярних бобових культур у світі, яка має велике значення особливо за виходом цінного рослинного білка. Вирощування гороху в сівозмінах сприяє зниженню витрат на виробництво сільськогосподарської продукції, покращує стан ростових процесів рослин, підвищує їх урожайність та продуктивність полів [146, 222].

Один з ключових чинників, що впливає на рівні врожаю гороху в Південному Степу України, - це належне забезпечення рослин вологою й особливо в період критичних стадій вегетації, що залежить від кількості опадів у різні фази росту. Рослини гороху потребують достатнього забезпечення водою на всіх етапах їхнього життєвого циклу, починаючи від проростання насіння до формування бобів. Недостатнє забезпечення водою може призвести до гіпертермії, засихання та низької врожайності не лише гороху, а й інших посухостійких рослин [223].

У Південному Степу України проблема нестачі води в ґрунті є особливо актуальною за сучасних умов, коли відбуваються глобальні зміни клімату. Головним джерелом вологи для ґрунту є атмосферні опади. Однак їх кількість у цій зоні недостатня, і розподіл опадів протягом вегетаційного періоду нерівномірний. Тому контроль за водним режимом ґрунту має бути спрямований на максимальне збереження вологи (ґрунтової і опадів) та її раціональне використання рослинами. В разі недостатньої кількості опадів для оптимального зволоження ґрунту може спостерігатися призупинення росту та розвитку рослин гороху, тому важливо забезпечити умови ефективного використання вологи добором елементів технології у вирощуванні культури.

Урожайність сільськогосподарських культур за вирощування в умовах Південного Степу України, що характеризується високим тепловим режимом,

недостатньою кількістю атмосферних опадів і інтенсивним їх випаровуванням, значно залежить від обсягу загального сумарного водоспоживання, умов, що складаються, і здатності рослин ефективно використовувати вологу. При вирощуванні сільськогосподарських культур без зрошення сумарне водоспоживання складається з двох складових - початкових запасів вологи в ґрунті на період сівби культури та опадів, які випадають протягом її вегетації. Завдання агронома полягає у створенні таких технологічних заходів вирощування культури, за яких для неї створюються оптимальні умови для росту, розвитку та формування стабільного врожаю. Одним із перших завдань при цьому є забезпечення рослин вологою, яку необхідно накопичити та утримати в ґрунті, а потім створити умови для ефективного її використання рослинами на формування врожаю.

Багаторічними дослідженнями визначено, що найбільш ефективно водний баланс ґрунту і рослин забезпечує обґрунтований добір с-г культур та їх чергування у сівоzmінах [60, 117]. Адже вплив попередника визначається багатьма чинниками і обумовлюється перш за все терміном збирання та залишковими запасами вологи в ґрунті. Кількість останніх залежить від біологічних особливостей культури, її потреб у воді, глибини проникнення кореневої системи, технології вирощування, рівня отриманого врожаю тощо. Із технологічних заходів вирощування с-г рослин на вологозабезпеченість та коефіцієнт водоспоживання впливає густота стояння рослин [151], попередник, захід і глибина обробітку ґрунту [17], фактор живлення, який після вологи знаходиться у другому мінімумі та істотно обумовлює ростові процеси, наступну продуктивність, підвищує ефективність використання рослинами вологи [54, 129].

Внесення мінеральних добрив сприяло зниженню коефіцієнта водоспоживання у всіх варіантах обробітку ґрунту і найбільш суттєво - за ресурсозберігаючого. Найбільш економно рослини гороху використовували вологу при посиленні фону добрив, при чому різниці між розрахунковою і подвійною дозами при оранці авторами встановлено не було, у той час як при

енергозберігаючих обробітках відмінності були математично доведені на 5 % рівні значущості [266].

Загалом усі елементи технології, які застосовують у даному полі при вирощуванні гороху, впливають на накопичення і використання вологи рослинами зокрема і в зоні Південного Степу [119, 220]. Водний режим ґрунту істотно позначається на рівнях урожайності зерна гороху. Цей показник може значно змінюватись за впливу кліматичних умов та має свої певні особливості [197].

Вода є основним фактором, який впливає на фотосинтез, дихання, транспірацію та інші біологічні процеси в рослинах. Недостатнє або надмірне водоспоживання може призвести до стресу для рослин, що негативно позначиться на їх розвитку та рівнях урожайності. Оптимальна зволоженість ґрунту сприяє правильному функціонуванню кореневої системи гороху та покращує засвоюваність поживних речовин.

Водоспоживання гороху зернового позитивно впливає на процеси запилення, зав'язування бобів, формування плодів та врожайності. Недостатня кількість вологи може призвести до недобору зерна та погіршення його якості. З іншого боку, надмірне зволоження може спричинити загнивання плодів та поширення грибкових захворювань [101, 152].

Відомо, роль бобових у посиленій діяльності мікроорганізмів та здатності їх накопичувати безкоштовний біологічний азот (мікробна чи симбіотична азотфіксація). В свою чергу накопичення бобовими рослинами атмосферного азоту бульбочковими бактеріями (ризобіями), як і загалом кількість їх утворення на коренях, істотно залежить від температурного режиму та зволоженості ґрунту. Зазначене пересвідчує у необхідності забезпечення бобових рослин, гороху зокрема, оптимальною кількістю вологи впродовж вегетації, найбільш ефективним її використанням за недопущення непродуктивних втрат на випаровування. За таких умов буде більше накопичуватись надземної біомаси та врожаю зерна, бульбочок на коренях, що забезпечить надходження більшої кількості азоту в ґрунт по завершенні

вегетації гороху. Нині вартість мінеральних добрив істотно зросла, а саме азотне живлення є визначальним, як для росту і розвитку рослин, так і їх продуктивності [100].

Водоспоживання - це витрати води культурами впродовж вегетації. Воно є показником потреби рослин у воді та ефективності її використання. Оптимальне забезпечення гороху водою полягає у створенні вологого, але не надмірно зволоженого ґрунту. Регулярний полив на зрошуваних землях забезпечує рослини вологою, необхідною для їхнього росту. Крім того, важливо враховувати фази розвитку гороху, оскільки вони можуть вимагати різної забезпеченості водою. Високі вимоги гороху до вологи на початкових етапах росту, цвітіння та формування зерна обмежують його поширення у південно-східних регіонах України. У лісостепових і степових зонах за недостатнього забезпечення вологою горох може формувати знижену врожайність зеленої маси та зерна.

Дослідженнями встановлено, що мінеральні добрива, крім покращення поживного режиму, також впливають на водний баланс ґрунту та рослин, сприяючи ефективнішому використанню вологи безпосередньо на формування врожаю. Ще К. А. Тімірязєв у 1906 році зазначав, що використання добрив є одним із заходів зменшення непродуктивних витрат води рослиною.

Це пов'язано з тим, що рослини, які отримують достатньо поживних речовин, ефективніше використовують наявну вологу в ґрунті. Ефективність використання води удобреними рослинами обумовлена не лише зменшенням транспірації, але й збільшенням участі води у загальному випаровуванні, активізацією фотосинтетичних та ростових процесів, а також оптимізацією фізіолого-біохімічних процесів для підвищення продуктивності.

Застосування методів ефективного збереження води, таких як крапельний полив або мульчування, може допомогти зменшити втрати води та підвищити ефективність її використання при вирощуванні гороху. Крім того,

використання сучасних технологій та систем автоматичного поливу може сприяти оптимізації процесу зрошення та зменшенню споживання води.

Сумарне водоспоживання гороху зернового має першочергове значення щодо впливу на врожайність та якість зерна. Забезпечення рослин вологою сприяє оптимальному розвитку та формуванню високої продуктивності. Дотримання балансу у водоспоживанні є ключовим аспектом успішного вирощування гороху зернового в умовах Південного Степу України.

Таким чином, дбайливе контролювання та оптимізація водоспоживання гороху зернового є необхідною умовою для досягнення максимального рівню врожайності та ефективності вирощування цієї цінної культури.

Результати досліджень свідчать, що сумарне водоспоживання гороху посівного значно залежало від умов зволоження року. Максимальним - 2672 м³/га його визначено у найбільш вологому 2021 р., а мінімальним – у 2022 р., який виявився найпосушливішим – 1416 м³/га (табл. 3.1). Така істотна відмінність пояснюється кількістю опадів, що випали протягом вегетаційного періоду. Якщо у 2021 р. їх випало 1714 м³/га, що становило 64,1% балансу водоспоживання, то у 2022 р. – 683 м³/га і 48,2% відповідно [38, 51].

Таблиця 3.1

**Загальне водоспоживання та його баланс у роки вирощування
гороху, м³/га [38]**

Рік вирощування	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Частка у балансі, м ³ /га	
		опадів	грунтової вологи
2021	2672	1714	958
2022	1416	683	733
2023	2215	1372	843
2021–2023 рр.	2101	1256	845

Використані посівами запаси ґрунтової вологи також різнилися за роками досліджень. У відсотковому значенні як складової частки балансу водоспоживання ця різниця була більш суттєвою, що наочно демонструють дані рис. 3.1.

У посушливому 2022 р. рослини гороху використовували вологозапаси ґрунту та вологу опадів майже в однакових кількостях – 48,2 і 51,8%. Така структура водоспоживання кардинально вирізняє посушливий 2022 р. від інших років дослідження, коли частка опадів у балансі водоспоживання становила 61,9–64,9%, а частка ґрунтової вологи – 35,9–38,1%.

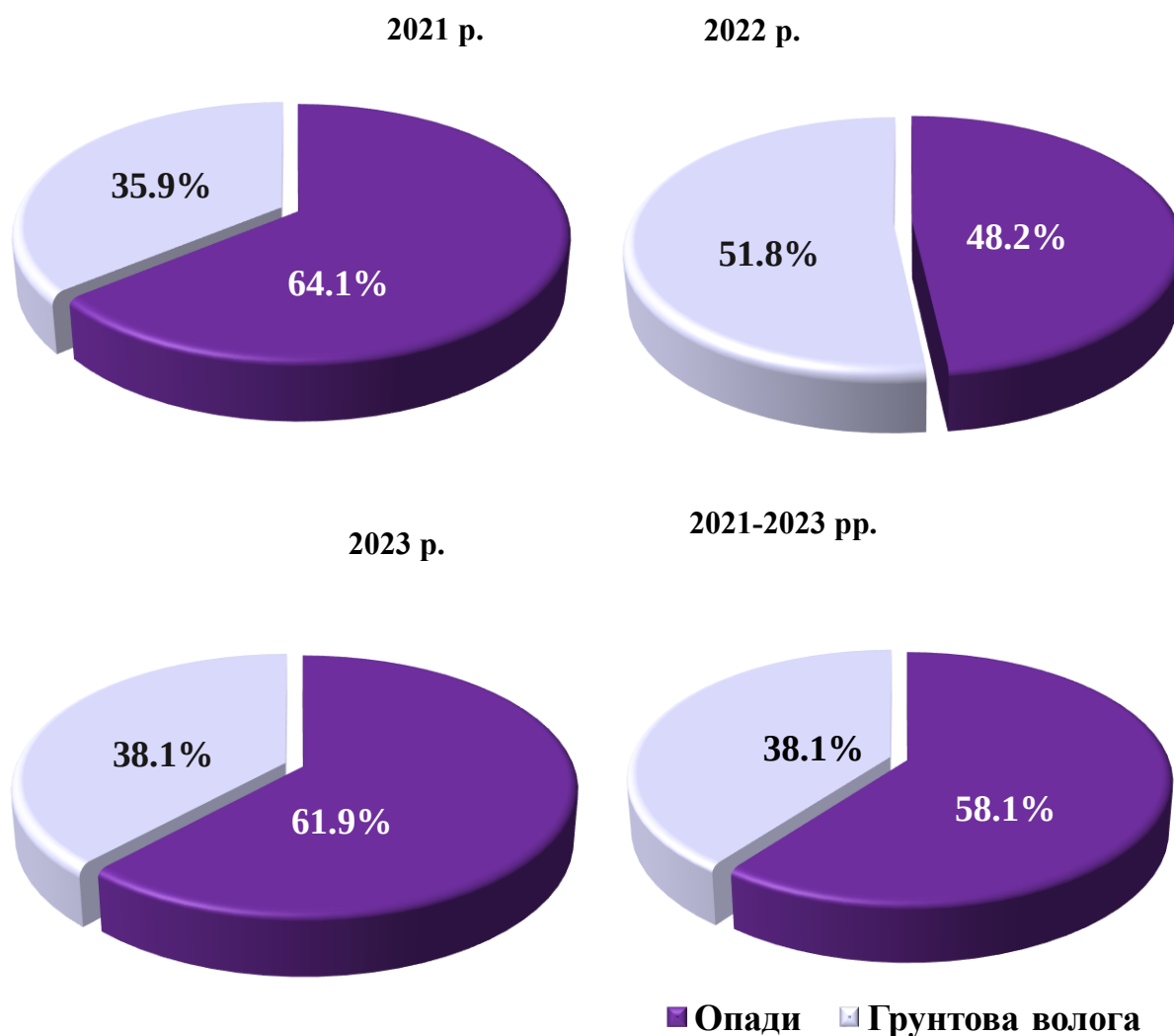


Рис. 3.1. Складові елементи балансу водоспоживання, %

Посушливі умови 2022 р. негативно позначились на рівні сформованої врожайності гороху. Вона була значно нижчою, порівняно з іншими більш сприятливими роками вирощування. Нами побудована кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна та сумарним водоспоживанням посівів гороху засвідчує функціональний зв'язок за шкалою Чеддока між зазначеними показниками, про що свідчить коефіцієнт кореляції $R = 1$ (рис. 3.2).

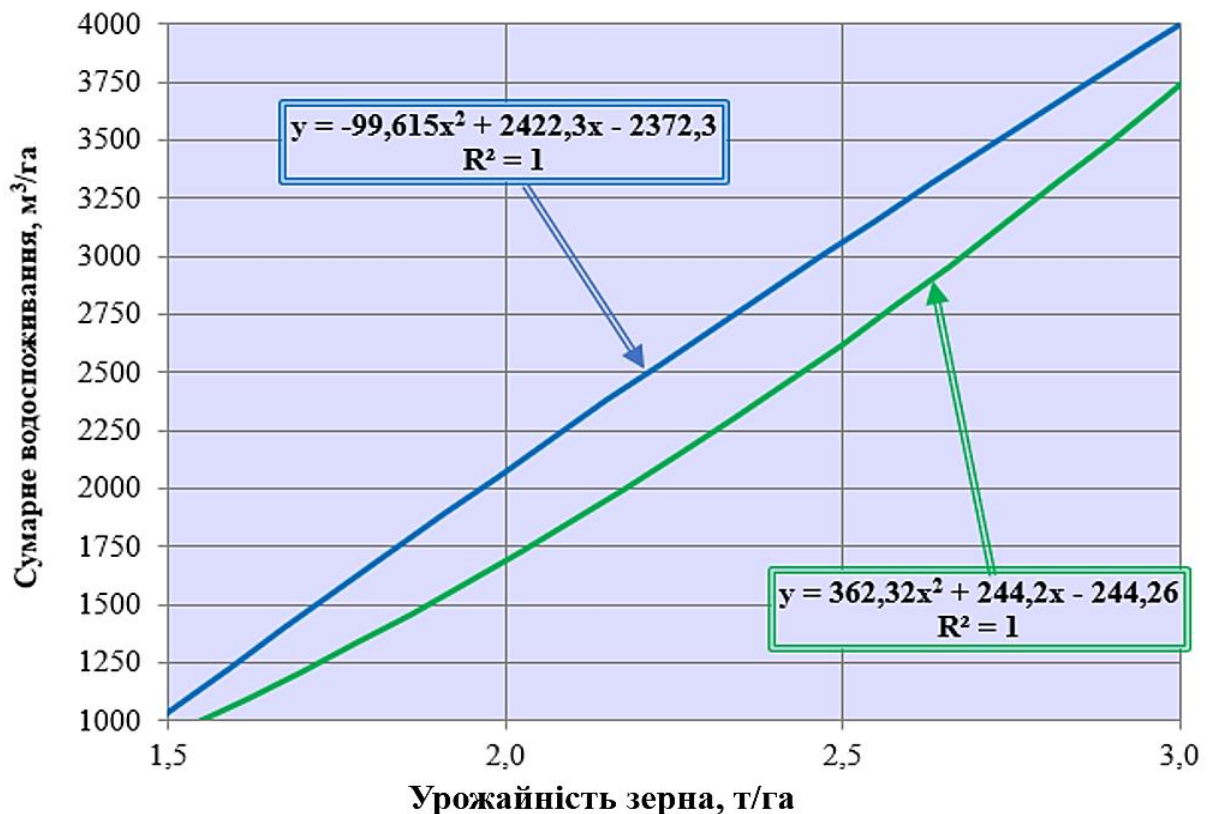


Рис. 3.2. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю та сумарним водоспоживанням гороху (середнє за 2021–2023 рр.) [38]:

- 1 – обробка насіння водою;
- 2 – обробка насіння мікродобривом Нановіт Мікро.

Загальноприйнятим показником оцінки ефективності використання води культурою на формування врожаю є коефіцієнт водоспоживання (табл. 3.2). Розрахунки коефіцієнта водоспоживання гороху показують, що його показники залежали від умов років досліджень, інокуляції насіння та фону живлення рослин. Найбільш економно витрачалась вода на формування 1т врожаю у найбільш несприятливому за зволоженням 2022 р. Максимальні

значення отримано в 2021 році, у якому він був залежно від фону живлення в 1,3–1,5 разів більшим.

Таблиця 3.2

Коефіцієнт водоспоживання гороху за впливу досліджуваних факторів у роки вирощування, м³/т [38].

Фон живлення (фактор В)	Інокуляція насіння (фактор А)					
	2021 р.		2022 р.		2023 р.	
	водою	препаратом	водою	препаратом	водою	препаратом
Контроль	1509,6	1370,3	1106,3	997,2	1393,1	1258,5
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1284,6	1198,2	896,2	832,9	1153,6	1039,9
Нановіт Мікро 1 л/га	1151,7	1060,3	828,1	753,2	1039,9	938,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	1016,0	934,3	765,4	704,5	980,1	889,6
Органік Д-2М 2л/га	1171,9	1081,8	837,9	769,6	1059,8	954,7
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	1039,7	940,8	773,8	711,6	975,8	882,5
Бор 1 л/га	1192,9	1090,6	853,0	773,8	1075,2	975,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	1060,3	947,5	786,7	722,4	988,8	893,1

Значною мірою на коефіцієнт водоспоживання впливали мінеральні добрива та обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро. Досліджувані фактори сприяли значно ефективнішому витрачання вологи рослинами посіву гороху на формування одиниці врожаю, що чітко ілюструє рис. 3.3.

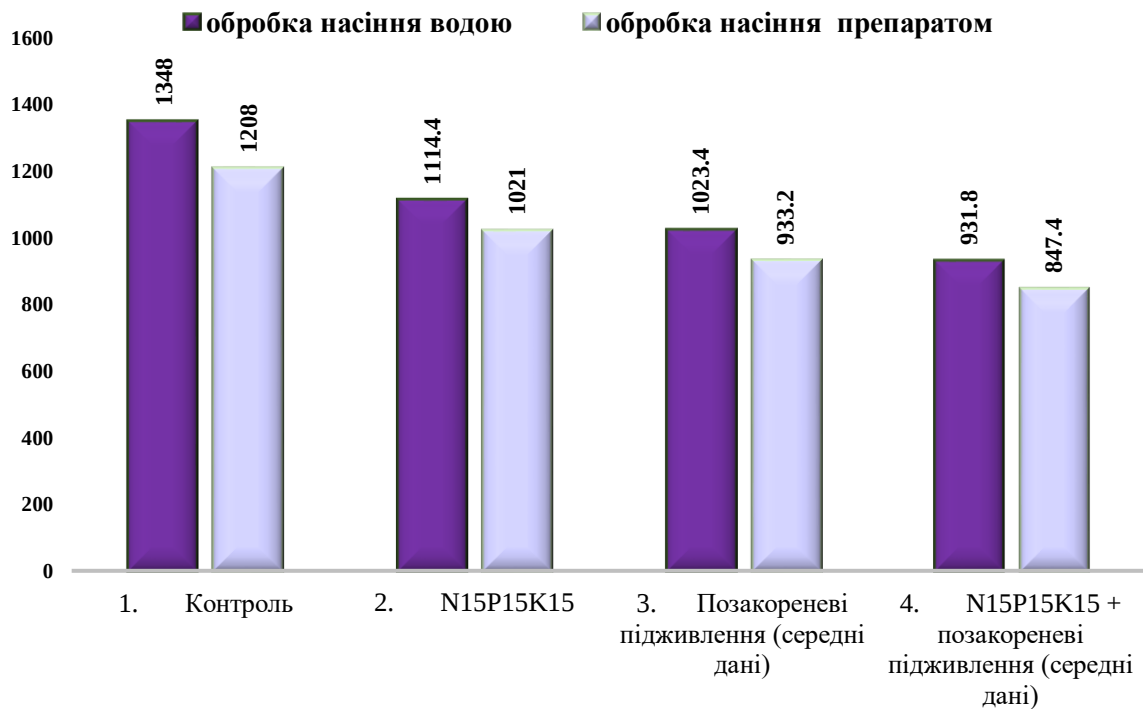


Рис. 3.3. Вплив оптимізації живлення та передпосівної обробки насіння на використання води посівом гороху (середнє за 2021-2023 рр.), м³/т [38]

Таблиця 3.3

Коефіцієнт водоспоживання гороху за впливу досліджуваних факторів у середньому за 2021-2023 рр. [38]

Фон живлення (фактор В)	Інокуляція насіння (фактор А)		Зменшення за рахунок інокуляції насіння		Зменшення за рахунок живлення до контролю, %	
	водою	препаратом	м³/т	%	водою	препаратом
Контроль	1336,3	1208,7	127,6	9,5	-	-
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1111,5	1023,7	87,8	7,9	16,8	15,3
Нановіт Мікро 1 л/га	1006,6	917,4	89,2	8,9	24,7	24,1
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	920,5	842,8	77,7	8,4	31,1	30,3
Органік Д-2М 2л/га	1023,2	935,4	87,8	8,6	23,4	22,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	929,8	845,0	84,8	9,1	30,4	30,1
Бор 1 л/га	1040,4	946,7	93,7	9,0	22,1	21,7
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	945,3	854,3	91	9,6	29,3	29,3

Найбільш економно волога рослинами посіву гороху на формування 1 т врожаю витрачалась за поєднання передпосівної обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення підживлення Нановітом, де в середньому за роки досліджень коефіцієнт водоспоживання склав 842,8, а за обробки насіння водою - 920,5 м³/т. Близькими були значення за використання для підживлення Органік Д-2М: 845,0 та 929,8 м³/т за показників у контролі 1208,7 та 1336,3 м³/т відповідно.

Незважаючи на суттєві коливання коефіцієнту водоспоживання за роками вирощування гороху (табл. 3.3), встановлено функціональний кореляційний зв'язок між даним показником та сформованою врожайністю зерна: коефіцієнт кореляції (R) у 2021 р. $y = 197,47x^2 - 1427,2x + 3401,6$; $R^2 = 0,9999$; у 2022 р.: $y = 367,56x^2 - 1747,2x + 2740,3$; $R^2 = 1$; у 2023 р.: $y = 226,55x^2 - 1467,6x + 3139,5$; $R^2 = 1$ (рис. 3.4).

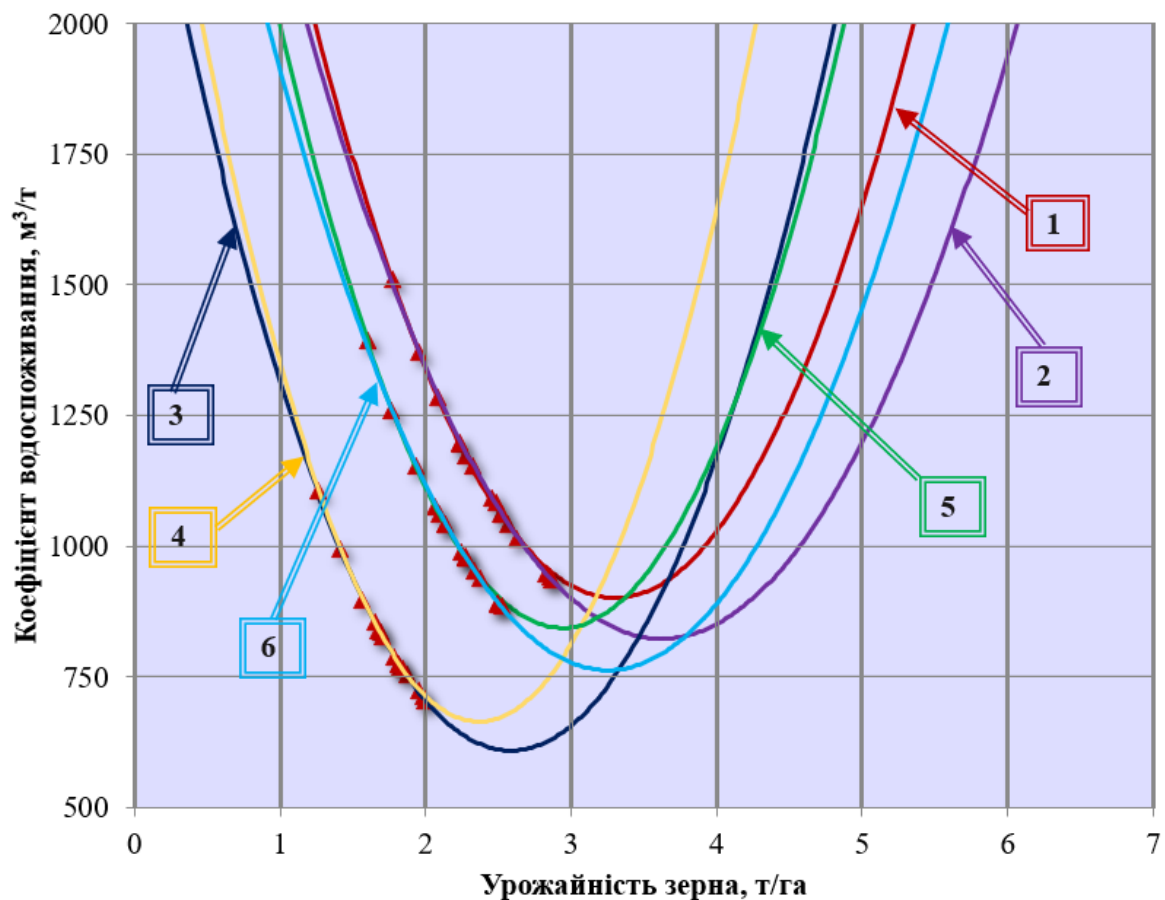


Рис. 3.4. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна та коефіцієнтом водоспоживання гороху посівного [38]:

- 1 – обробка насіння водою (2021 р.): $y = 259,58x^2 - 1713,2x + 3728$; $R^2 = 0,9999$;
 2 – обробка насіння мікродобривом Нановіт Мікро (2021 р.): $y = 197,47x^2 - 1427,2x + 3401,6$; $R^2 = 0,9999$;
 3 – обробка насіння водою (2022 р.): $y = 367,56x^2 - 1747,2x + 2740,3$; $R^2 = 1$;
 4 – обробка насіння мікродобривом Нановіт Мікро (2022 р.): $y = 367,56x^2 - 1747,2x + 2740,3$; $R^2 = 1$;
 5 – обробка насіння водою (2023 р.): $y = 306,81x^2 - 1796,7x + 3473,9$; $R^2 = 1$;
 6 – обробка насіння мікродобривом Нановіт Мікро (2023 р.): $y = 226,55x^2 - 1467,6x + 3139,5$; $R^2 = 1$.

Умови зволоження року вирощування суттєво позначаються на сумарному водоспоживанні посівів гороху посівного, складових його балансу та коефіцієнті водоспоживання. Встановлено, що основне внесення мінеральних добрив, передпосівна обробка насіння мікродобривом Нановіт Мікро та позакореневі підживлення мікродобривами Нановіт Мікро, Бором, органо-мінеральним добривом Органік Д-2М сприяють найбільш ефективному використанню вологи рослинами гороху сорту Мадонна.

Висновки до розділу 3:

1. Сумарне водоспоживання гороху посівного значно залежало від умов зволоження року. Максимальним - $2672 \text{ м}^3/\text{га}$ його визначено у найбільш вологому 2021 р., а мінімальним – у 2022 р., який виявився найпосушливішим – $1416 \text{ м}^3/\text{га}$. Така істотна відмінність пояснюється кількістю опадів, що випали протягом вегетаційного періоду. Якщо у 2021 р. їх випало $1714 \text{ м}^3/\text{га}$, що становило 64,1% балансу водоспоживання, то у 2022 р. – $683 \text{ м}^3/\text{га}$ і 48,2% відповідно. Використані посівами запаси ґрунтової вологи також різнилися за роками досліджень. У відсотковому значенні, як складової частки балансу водоспоживання, ця різниця була більш суттєвою. У посушливому 2022 р. рослини гороху використовували вологозапаси ґрунту та вологу опадів майже в однаковій кількості – 48,2 і 51,8%. Така структура водоспоживання кардинально вирізняє посушливий 2022 р. від інших років дослідження, коли частка опадів у балансі водоспоживання становила 61,9–64,9%, а частка ґрунтової вологи – 35,9–38,1%.

2. Розрахунки коефіцієнта водоспоживання залежали від умов років досліджень, інокуляції насіння та фону живлення рослин. Найбільш економно витрачалась волога на формування 1т врожаю у найбільш несприятливому за зволоженням 2022 р. Максимальні значення отримано в 2021 році, у якому він був залежно від фону живлення в 1,3–1,5 разів більшим. Значною мірою на коефіцієнт водоспоживання впливали мінеральні добрива та обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро. Досліджувані фактори сприяли значно ефективнішому витрачання вологи рослинами посіву гороху на формування одиниці врожаю.

3. Між сформованою врожайністю зерна та коефіцієнтом водоспоживання встановлено функціональний кореляційний зв'язок: коефіцієнт кореляції (R) у 2021 р. $y = 197,47x^2 - 1427,2x + 3401,6$; $R^2 = 0,9999$; у 2022 р.: $y = 367,56x^2 - 1747,2x + 2740,3$; $R^2 = 1$; у 2023 р.: $y = 226,55x^2 - 1467,6x + 3139,5$; $R^2 = 1$.

Публікації за розділом 3:

1. 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. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.1> [38].

2. Гамаюнова В. В., Манушкіна Т. М., Єрмолаєв В. М., Карпов Е. В. Бобові як екологічний фактор оптимізації ґрунтової родючості, збільшення врожаю та ефективності водоспоживання рослин гороху. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва* : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 119–122 [551].

РОЗДІЛ 4

ВПЛИВ ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛІСТЬ ВЕГЕТАЦІЇ, НАКОПИЧЕННЯ НАДЗЕМНОЇ БІОМАСИ, БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ РОСЛИНАМИ ТА ВПЛИВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО НА ОЗНАКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

4.1. Тривалість міжфазних періодів вегетації гороху посівного за впливу ресурсоощадних підходів до оптимізації живлення

Стан розвитку агропромислового комплексу та подальше забезпечення продовольчої безпеки значно залежать від стану родючості ґрунтів. Адже високою і сталою продуктивністю сільськогосподарських культур здатна формуватись на ґрунтових відмінах, що мають оптимальну забезпеченість органікою, рухомими елементами живлення і вологою. З усіх рослин у вирішенні цієї проблеми, а саме збагачення ґрунтів азотом, значна роль належить бобовим, зокрема і гороху посівному [60]. До того ж зерно цієї культури багате на протеїн і здатне забезпечувати населення екологічно чистими продуктами харчування дієтичного спрямування. На нашу думку, вирощування гороху і інших бобових рослин слід нарощувати, а площі під ними збільшувати, що важливо для умов воєнного та повоєнного періодів господарювання за послабленого економічного стану господарств. У зв'язку з цим виникла потреба у розробці елементів ресурсозберігаючої технології вирощування гороху, які б дозволяли здешевлювати виробництво та були екологічно безпечними для людей. Такі агрозаходи окрім підвищення врожайності, сприяють накопиченню більшої кількості цінної біомаси, збагаченої біологічним азотом, та мікроорганізмів у ґрунті, що позитивно позначається на ознаках його родючості [146, 222]. Окреслене питання є достатньо важливим і актуальним.

У формуванні продуктивності будь-якої сільськогосподарської культури вирішальна роль належить отриманню дружних сходів, збереженості рослин

до повної стиглості, протікання і тривалості основних фаз розвитку та загальної вегетації. Це питання є недостатньо дослідженим при вирощуванні гороху посівного за впровадження ресурсоощадних елементів технології. До того ж зазначені складові значно залежать від умов року досліджень - наявності вологи в ґрунті на період сівби, температурного режиму та кількості опадів упродовж вегетації й особливо у критичні її фази для культури.

У теперішній час збереження, очищення та відновлення родючості ґрунту шляхом вирощування бобових культур є достатньо дешевим і ефективним заходом. Адже розкладання післязбиральних їх залишків за здатністю гуміфікації внаслідок вмісту в них азоту наближається до традиційного напівперепрілого гною: коефіцієнти гуміфікації складають відповідно 0,25 та 0,30, тоді як для соломи зернових колосових рослин він становить лише 0,15, а залишків соняшнику – 0,17 [205]. Накопичення біомаси у гороху зазвичай визначають розрахунково. Кількість її відносно сформованого врожаю зерна має співвідношення як 1:1,4 на користь надземної маси. До того ж із кожною тонною її в ґрунт надходить 10 кг біологічного азоту [222]. За рахунок симбіотичної азотфіксації накопичується горохом у ґрунті від 70-90 до 170 кг/га азоту залежно від зони та погодних умов року вирощування. Зокрема в умовах Львівської області сорт гороху Мадонна у середньому за трирічний період досліджень залишав у ґрунті 171,2 кг/га азоту [5]. Сумуючи надходження біологічного азоту за рахунок фіксації його бульбочковими бактеріями та з надземною біомасою можна досягати значного поповнення ґрунту азотом, свіжою органічною речовиною та істотно активізувати його мікробіологічну діяльність. Це іще раз свідчить про переваги та необхідність вирощування бобових рослин і гороху зокрема. Особливої значущості це питання набуває у воєнний та повоєнний періоди, коли основні показники родючості ґрунтів погіршилися, а економіка господарств послаблена.

Дослідженнями, проведеними в останні роки з багатьма сільськогосподарськими культурами і горохом зокрема [41, 48], встановлено позитивний вплив ресурсоощадного живлення на їх продуктивність. Звісно ж,

чим вищою формується врожайність зерна, тим більшою буде і кількість накопиченої надземної біомаси та коренів рослин. Тобто більше свіжої органіки потрапить у ґрунт після збирання основної продукції, що покращуватиме водно-фізичні властивості його, зокрема водоутримуючу здатність.

Застосування сучасних біопрепаратів, рістрегулюючих речовин, мікроелементів широко впроваджують як елемент технології у вирощуванні культур [87, 204, 263]. Вони підвищують стійкість рослин до несприятливих умов середовища, їх урожайність і якість. При цьому витрати на використання зазначених препаратів є незначними, що важливо для нинішнього економічного стану господарств [265].

До того ж широке впровадження елементів ресурсозберігаючого живлення рослин з використанням біопрепаратів дозволяє зменшити кількість внесення мінеральних добрив, відповідно технологічне навантаження на ґрунт та знизити витрати на добрива.

Умови живлення рослин, кліматичні зміни, наявність вологи й інші чинники істотно впливають на з'явлення сходів, тривалість як окремих міжфазних періодів, так і загальної вегетації. Біопрепарати, мікроелементи, густота посіву та меншою мірою біологічні особливості сорту можуть подовжувати або, навпаки, прискорювати тривалість міжфазних періодів до 5-6 і навіть 7-8 діб за однакових умов вирощування [1]. При цьому автори вказують на прямий зв'язок тривалості вегетаційного періоду сортів гороху з урожайністю їх зерна, пояснюючи це збільшенням терміну активної асиміляції рослин. Загалом відомо, що врожайність у пізньостиглих сортів чи гібридів порівняно з ранньостиглими їх формами, зазвичай є вищою, так як вони мають подовжений вегетаційний період [237, 240].

Про аналогічні результати досліджень з різними бобовими культурами та терміном фаз їх розвитку повідомляють й інші автори [115, 123]. До того ж деякі дослідники різницю в рівнях урожаю та проходженні фаз тривалості вегетації пов'язують із застосуванням біопрепаратів для обробки насіння,

отриманням більш дружніх сходів й пришвидшенням початкових періодів ростових процесів [45, 194].

Нами встановлено, що досліджувані фактори впливали на тривалість окремих міжфазних періодів вегетації рослин гороху посівного (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Вплив досліджуваних факторів на тривалість міжфазних періодів
вегетації гороху посівного (середнє за 2021-2023 рр.), діб [45]**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)	Міжфазні періоди					
		Сівба - сходи	Сходи -вусоутворення	Вусоутворення - бутонізація	Бутонізація - цвітіння	Цвітіння - молочна стиглість	Молочна - повна стиглість
1.Контроль	1	10	12	23	7	13	12
	2	9	12	24	7	14	12
2.N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1	10	11	24	8	13	11
	2	9	12	24	8	15	12
3.Нановіт Мікро 1 л/га	1	10	12	24	8	14	12
	2	9	13	25	8	15	13
4.N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	1	10	12	25	8	15	12
	2	9	13	26	9	16	13
5.Органік Д-2М 2л/га	1	10	12	25	8	14	12
	2	9	12	26	9	15	12
6.N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Орга- нік Д-2М 2 л/га	1	10	12	25	9	15	12
	2	9	13	26	9	16	12
7.Бор 1 л/га	1	10	12	24	9	14	12
	2	9	12	25	9	15	13
8.N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	1	10	12	25	8	15	13
	2	9	13	26	9	16	13

Наведені дані свідчать, що обробка насіння перед сівбою біопрепаратом та оптимізація живлення рослин у середньому за роки вирощування дещо подовжували вегетацію. Виключення складає період сівба-сходи, який за проведення передпосівної обробки насіння, навпаки, на 1 добу прискорював з'явлення сходів порівняно з варіантами обробки насіння водою без препарату [45].

Слід зазначити, що міжфазні та загальний період вегетації мали певні відмінності за роками вирощування гороху посівного. Так, у середньому за три роки досліджень для рослин неудобреного контролю за обробки насіння водою перед сівбою загальний період вегетації склав 77, а обробки Нановіт Мікро – 78 діб.

У разі застосування оптимізації живлення рослин шляхом внесення перед сівбою $N_{15}P_{15}K_{15}$, проведення позакореневого підживлення рослин на початку бутонізації та за поєднання зазначених елементів за обробки насіння водою вегетація тривала в середньому 81, а Нановіт Мікро – 84 дні. Тобто порівняно з контролем визначено її подовження на 4-6 діб. Разом з тим, слід зазначити, що найбільш тривалою вегетація гороху була у відповідно найсприятливішому за зволоженням 2021 році – у контролі вона склала 80-82, а по фоні оптимізації живлення - 84-87 діб, що ілюструє рис. 4.1.

Нами побудовано кореляційно-регресійні залежності між урожайністю гороху посівного та тривалістю міжфазних періодів за обробки насіння водою (рис.4.2) та Нановіт Мікро (рис.4.3). Визначено сильний зв'язок у фазу вусоутворення – бутонізація та дуже сильний - цвітіння - молочна стиглість зерна. В інші періоди зв'язок був слабким (особливо у період сівба-сходи) та помірним.

Можна стверджувати, що покращення умов зволоження і живлення рослин сприяють подовженню тривалості вегетації гороху посівного. Зазначимо, що дані фактори позитивно вплинули на виживаність рослин від початку росту до збирання врожаю (табл. 4.2). Як свідчать наведені дані, загалом по всіх варіантах поліпшення умов живлення рослин по фоні обробки

насіння перед сівбою водою виживаність їх збільшилася у середньому на 4,6%, а Нановітом – на 5,1%.

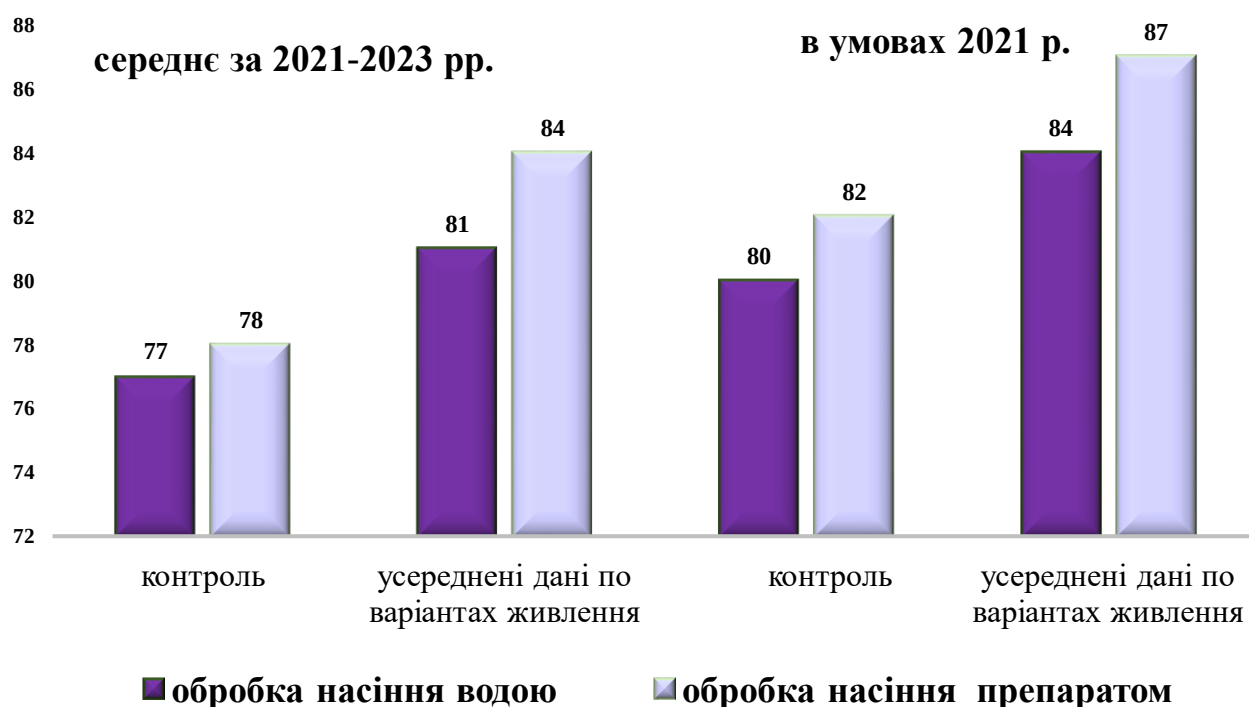


Рис. 4.1. Вплив оптимізації живлення та обробки насіння на тривалість вегетації гороху посівного, діб [45]

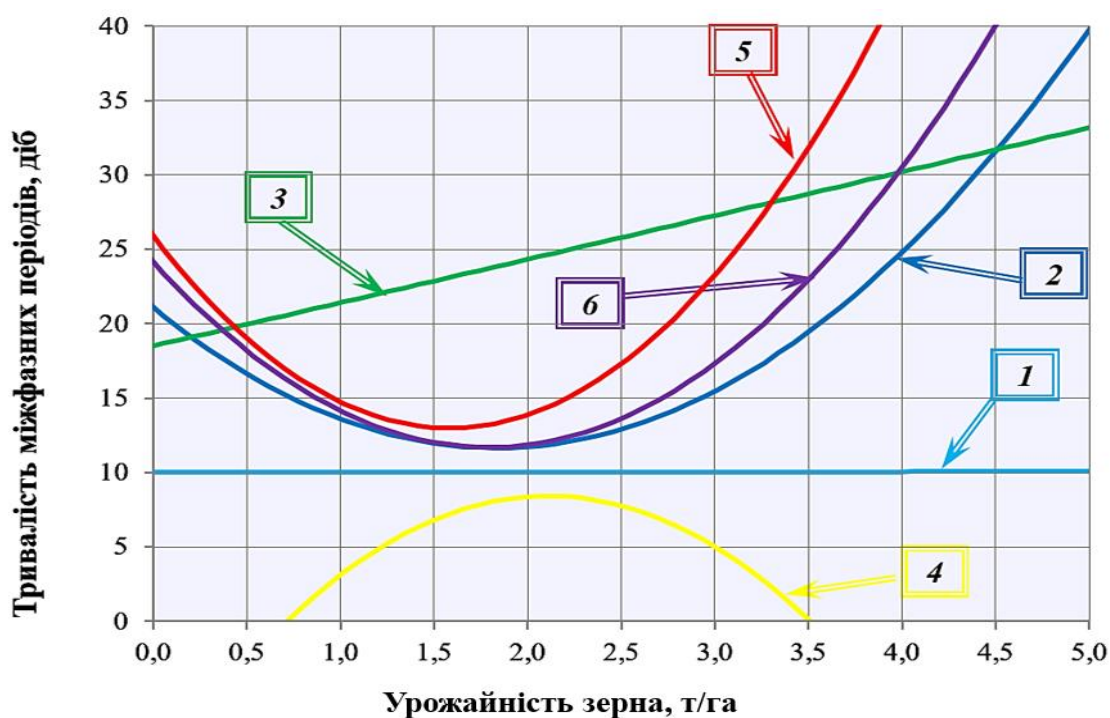


Рис. 4.2. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного (за обробки насіння водою) та тривалістю міжфазних періодів [45]:

1. Сівба – сходи: $y = 0,1064x^2 - 0,3594x + 10,3$; $R^2 = 0,1186$
2. Сходи – вусоутворення: $y = 0,0001x^2 - 0,0004x + 10$; $R^2 = 0,1179$
3. Вусоутворення – бутонізація: $y = 0,0074x^2 + 2,8942x + 18,509$; $R^2 = 0,8154$
4. Бутонізація – цвітіння: $y = -4,3059x^2 + 18,188x - 10,842$; $R^2 = 0,5162$
5. Цвітіння - молочна стиглість: $y = 5,1258x^2 - 16,245x + 25,805$; $R^2 = 0,9497$
6. Молочна - повна стиглість: $y = 3,8681x^2 - 13,884x + 24,089$; $R^2 = 0,2941$

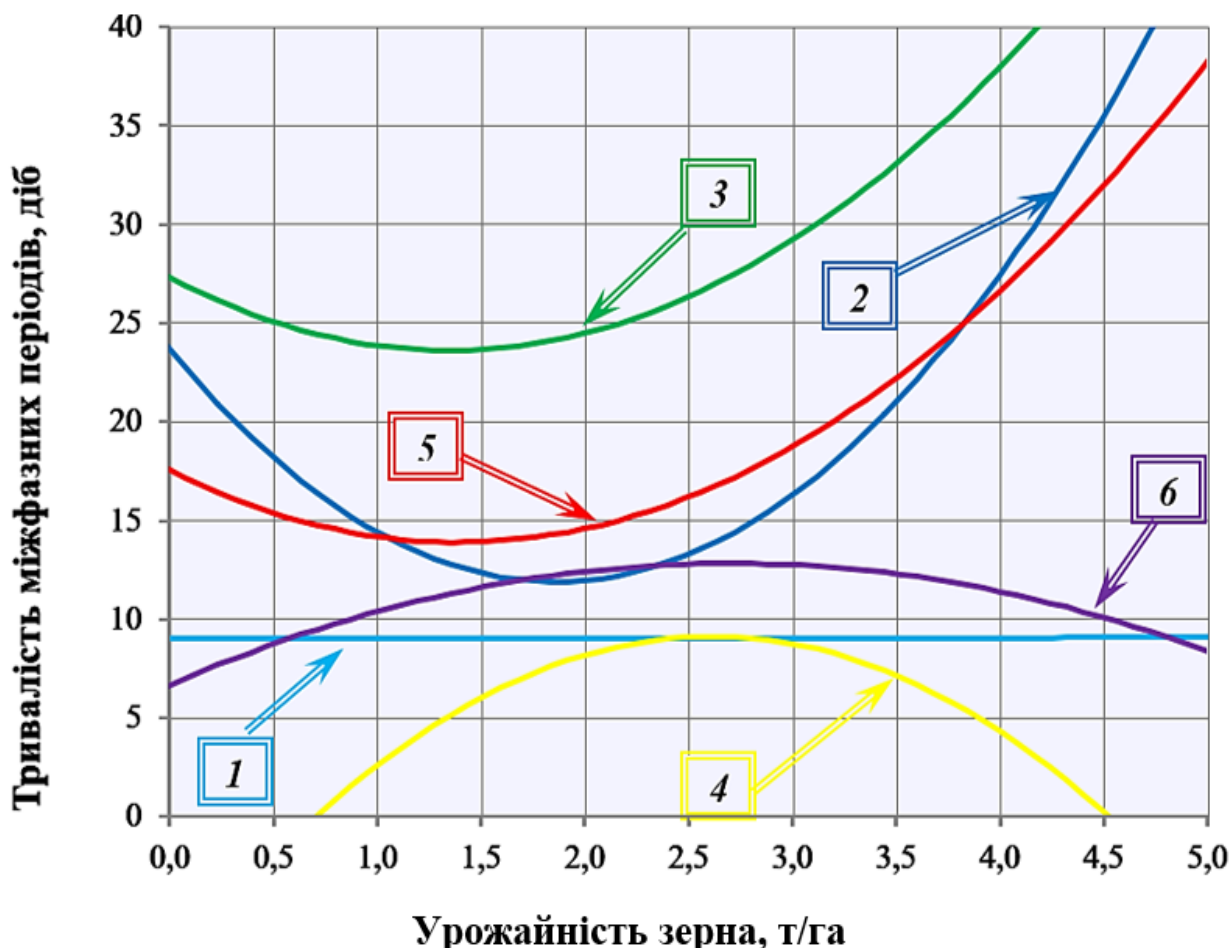


Рис. 4.3. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного (за обробки насіння Нановіт Мікро) та тривалістю міжфазних періодів [45]:

1. Сівба – сходи: $y = 0,0121x^2 - 0,0462x + 9,0436$; $R^2 = 0,1563$
2. Сходи – вусоутворення: $y = 3,3938x^2 - 12,658x + 23,707$; $R^2 = 0,742$
3. Вусоутворення – бутонізація: $y = 2,0348x^2 - 5,4846x + 27,314$; $R^2 = 0,7906$
4. Бутонізація – цвітіння: $y = -2,5056x^2 + 13,119x - 8,1184$; $R^2 = 0,7869$
5. Цвітіння - молочна стиглість: $y = 1,8716x^2 - 5,2221x + 17,541$; $R^2 = 0,9265$
6. Молочна - повна стиглість: $y = -0,8443x^2 + 4,5677x + 6,5753$; $R^2 = 0,2407$

Також за даними, наведеними в табл. 4.2, можемо відстежити, що на кількість рослин на передзбиральний період найсприятливіше впливало

позакореневе підживлення бором як окремо, так і сумісно з допосівним внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$. Максимальною виживаність рослин гороху – 97,1% у середньому за всі роки вирощування визначена у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ + бор 1 л/га по фоні передпосівної обробки насіння Нановіт Мікро.

Таблиця 4.2

**Виживаність рослин гороху за період від сходів до фізіологічної
стиглості зерна залежно від досліджуваних факторів
(середнє за 2021-2023 рр.), % [45]**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)			
	обробка водою	приріст до контролю	обробка препаратом	приріст до контролю
1. Контроль	86,8	0,0	87,3	0,0
2. $N_{15}P_{15}K_{15}$	87,6	0,8	88,4	1,3
3. Нановіт Мікро 1 л/га	88,9	2,1	90,1	2,8
4. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1л/га	90,3	3,5	92,0	4,7
5. Органік Д-2М 2л/га	92,4	5,6	93,5	6,2
6. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га	93,0	6,2	94,3	7,0
7. Бор 1 л/га	95,3	8,5	96,2	8,9
8. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор 1 л/га	95,9	9,1	97,1	9,8
Середнє за варіантами	91,3	4,6	92,4	5,1

Ми побудували кореляційно-регресійну залежність між урожайністю зерна гороху посівного (за обробки насіння водою та Нановіт Мікро) та виживаністю рослин (рис. 4.4). Дані рисунку свідчать, що за обробки насіння водою визначено помірний зв'язок, а Нановіт Мікро – значний.

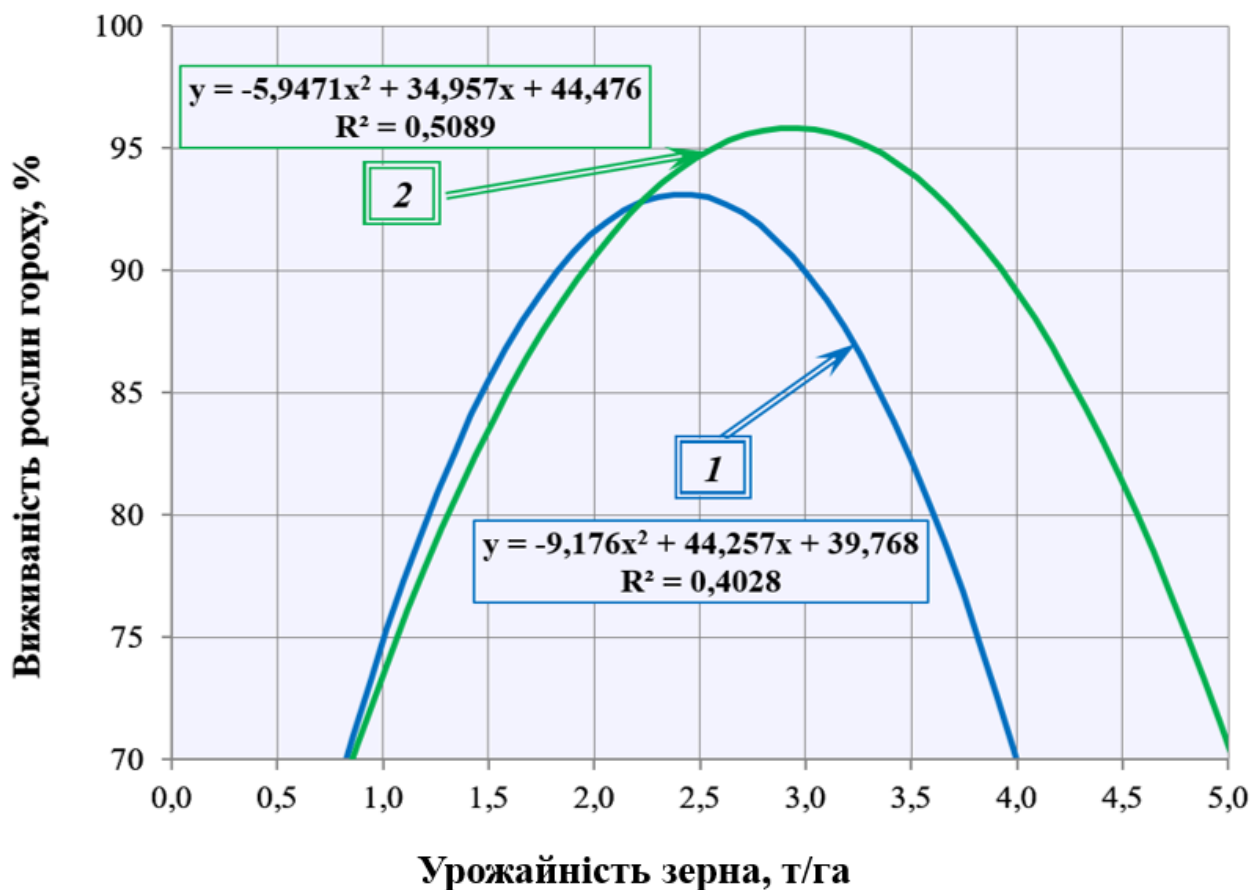


Рис. 4.4. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного (за обробки насіння водою та Нановіт Мікро) та виживаністю рослин [45]:

1. Обробка водою: $y = -9,176x^2 + 44,257x + 39,768$; $R^2 = 0,4028$
2. Обробка Нановіт Мікро: $y = -5,9471x^2 + 34,957x + 44,476$; $R^2 = 0,5089$

Отже, обробка насіння перед сівбою та оптимізація живлення рослин на засадах заощадження ресурсів позначаються на тривалості окремих міжфазних і загального періоду вегетації, виживаності рослин від сходів до повної стиглості зерна та в кінцевому підсумку – на рівнях урожайності зерна (підвищується на 43,3-45,2 % до контролю).

Результати досліджень засвідчують доцільність застосування в умовах Південного Степу України ресурсоощадного живлення гороху посівного, яке базується на внесенні до сівби $N_{15}P_{15}K_{15}$, обробці насіння Нановіт Мікро та проведенні позакореневого підживлення біопрепаратами і бором на початку бутонізації.

4.2. Особливості формування симбіотичного апарату бульбочкових бактерій рослинами гороху посівного і вплив культури на ознаки родючості ґрунту залежно від оптимізації живлення та обробки насіння препаратом Нановіт Мікро

Проблема виробництва білка залишається актуальною для світового землеробства, включаючи Україну. Вирішення цієї проблеми має важливе значення для здоров'я людей, якості життя та продуктивності тваринництва [274].

Особливої актуальності дане питання набуває у воєнний та повоєнний періоди. Одним з потенційних джерел високобілкових рослин є горох посівний, який має перевагу у здатності до симбіозу з бульбочковими бактеріями. Цей процес сприяє підтриманню позитивного азотного балансу в землеробстві, підвищенню родючості ґрунтів і отриманню стабільних рівнів урожаю гороху без негативного впливу на навколишнє середовище.

Горох посівний (*Pisum sativum*) є однією з найважливіших бобових культур у світі, яку вирощують для споживання людьми, так і кормів для тварин. Симбіотична активність бульбочкових бактерій гороху посівного є ключовим фактором в успішному вирощуванні цієї культури. Бульбочкові бактерії, такі як *Rhizobium leguminosarum*, утворюють симбіотичні взаємовідносини з кореневими вузлами рослин, що призводить до утворення бульбочок на коренях. Цей процес називається ризобіозом.

Основна функція бульбочкових бактерій полягає в фіксації азоту з атмосфери та перетворенні його в амоній, який може бути використаний рослиною для синтезу білка та інших життєво важливих сполук. Цей процес є важливим, оскільки азот є ключовим елементом для росту і розвитку рослин. Без ефективної фіксації азоту горох не може отримати достатньої кількості цього елемента для задоволення своїх потреб у живленні.

Крім того, симбіотична взаємодія між бобовими рослинами і бульбочковими бактеріями сприяє покращенню структури ґрунту та

підвищенню його родючості. Бактерії сприяють утворенню агрегатів ґрунту, які полегшують проникнення повітря та води до кореневої системи рослини. Крім того, вони також виробляють ряд біологічно активних сполук, які покращують життєздатність рослин та забезпечують їх захист від патогенних мікроорганізмів. У результаті симбіотичної активності бульбочкових бактерій горох посівний може забезпечити значний приріст урожайності та якості продукції. Тому важливо дбати про оптимальну колонізацію кореневих вузлів його бульбочковими бактеріями шляхом застосування спеціальних препаратів та добору агротехнічних заходів.

На сьогоднішній день існує дискусія щодо ефективності використання азотних добрив у вирощуванні зернобобових культур. Деякі вважають, що для досягнення високого рівня врожаю гороху посівного можливе застосування мінерального азоту незалежно від його впливу на симбіотичний апарат рослин. Це пояснюється тим, що екологічні умови вирощування часто не відповідають біологічним потребам рослин, що може призводити до послаблення процесу симбіотичної фіксації азоту з повітря [106].

Збільшення урожайності зернобобових культур, зокрема і гороху, залежить від різноманітних факторів, але одним з ключових є наявність азоту. Для досягнення високих рівнів урожаїв сільськогосподарських культур необхідно постійно підтримувати оптимальну забезпеченість вмісту азоту в ґрунті за допомогою застосування мінеральних добрив та азотфіксуючих бактерій [267, 293].

Інокуляція насіння гороху та інших бобових культур сприяє підвищенню врожаю зерна та його якості. Передпосівна обробка насіння активними штамми специфічних ризобій сприяє інтродукції у ґрунтові мікробіоценози високоефективних штамів бульбочкових бактерій, підвищує азотфіксацію і позитивно впливає на азотний фон живлення рослин [225]. Слід відзначити, що використання біопрепаратів на основі специфічних бульбочкових бактерій призводить до формування місцевих популяцій ризобій, які можуть стати потенційним бар'єром для інтродукції нових високоефективних штамів [159].

Крім того, доведено, що різноманітні стресові фактори, як біотичні, так і абіотичні, значно впливають на процес фіксації молекулярного азоту та його ефективність, що особливо актуально для Південного Степу України.

Інокуляція насіння бактеріальними препаратами та створення сприятливих умов для розвитку бульбочкових бактерій можуть задовольняти потреби рослин гороху в азоті. Проте, процеси азотфіксації можуть бути обмежені недостатнім зволоженням чи провітрюванням ґрунту [57].

Горох, як культура з високою врожайністю зерна, виносить із ґрунту значну кількість поживних речовин. Наприклад, для формування одного центнера зерна горох потребує біля 4,5-6,0 кг азоту, 1,7-2,0 кг фосфору, 3,5-4,0 кг калію, 2,5-3,0 кг кальцію, 0,8-1,3 кг магнію, а також ряд мікроелементів, таких як молібден та бор. Бобові рослини і гороху зокрема у симбіозі з бульбочковими бактеріями *Rhizobium* можуть фіксувати до 70-160 кг азоту на гектар і залишити до 30% цього азоту в поживних і корневих залишках, які стануть доступними для наступних культур у системі сівозміни [211, 264].

Досліджено, що обробка насіння перед сівбою сприяє активації симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій, що значно впливає на врожайність гороху й інших бобових рослин. Урожайність зернобобових культур, і зокрема гороху, залежить від різних параметрів структури врожаю, таких як кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі, маса 1000 насінин, маса насіння з рослини та інші фактори [52, 251, 303].

Виходячи з недостатнього вивчення питання щодо впливу мінерального удобрення на формування та симбіотичну активність бульбочкових бактерій, було обґрунтовано актуальність даної роботи [46].

Метою досліджень було встановити особливості формування симбіотичного апарату бульбочкових бактерій рослин гороху посівного сорту Мадонна в Південному Степу України залежно від оптимізації живлення та обробки насіння препаратом Нановіт Мікро (табл. 4.3).

Дослідженнями визначено, що кількість бульбочкових бактерій істотно зростає за проведення передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення рослин на засадах ресурсозбереження, а саме за використання стартової дози удобрення та сучасних біопрепаратів і мікродобрих.

Таблиця 4.3

**Кількість бульбочок на коренях гороху
(середнє за 2021-2023 рр.), штук/рослину [40, 46]**

Варіант живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)							
	Обробка водою				Обробка препаратом			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Контроль	12	18	30	16	14	21	33	18
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	12	19	32	16	13	23	36	19
Нановіт Мікро 1 л/га	16	21	33	19	18	24	35	21
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1 л/га	15	23	33	21	19	25	37	23
Органік Д-2М 2л/га	16	20	33	22	20	22	36	21
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	14	23	34	20	21	24	37	22
Бор 1 л/га	17	23	34	21	24	26	38	23
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	15	26	35	23	23	28	39	24

Примітки: 1 – через 25 днів після сходів
 2 – початок бутонізації
 3 – фаза цвітіння
 4 – дозрівання бобів (налив зерна)

Між урожайністю зерна гороху посівного та кількістю бульбочкових бактерій встановлено, що через 25 днів після сходів помірний, а в наступні фази розвитку - значний і сильний кореляційний зв'язки (рис. 4.5, 4.6).

Взяті на дослідження фактори істотно впливали на виключно важливу здатність рослин гороху фіксувати атмосферний азот: на коренях упродовж вегетації утворювалась значно більша кількість бульбочкових бактерій (рис.4.7).

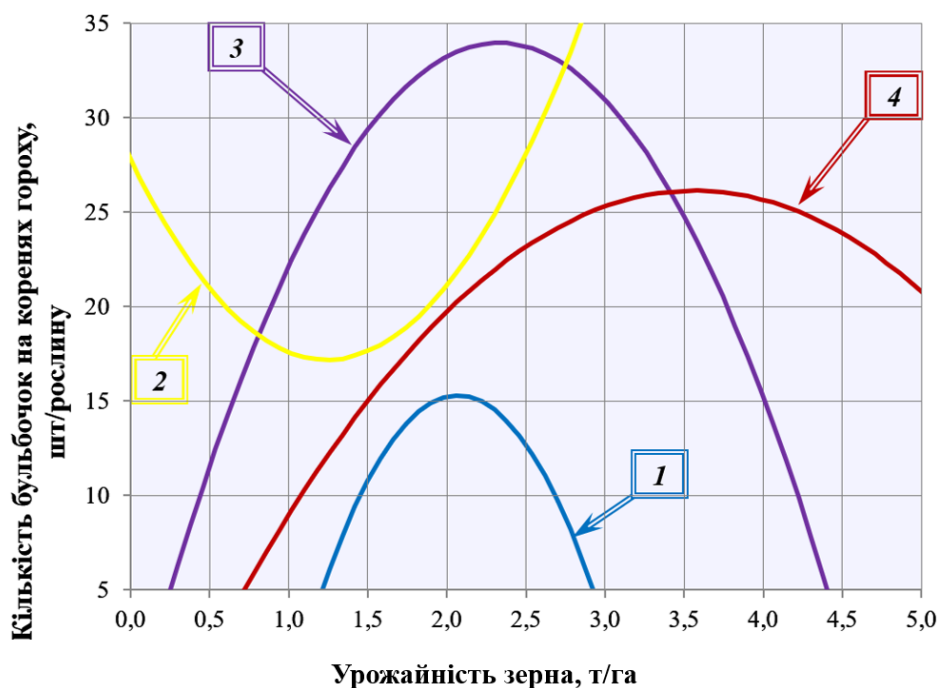


Рис. 4.5. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху (за обробки насіння водою) посівного та кількістю бульбочок на коренях гороху:

1 – через 25 днів після сходів: $y = -14,008x^2 + 57,966x - 44,654$; $R^2 = 0,4691$

2 – початок бутонізації: $y = 6,8811x^2 - 17,099x + 27,808$; $R^2 = 0,6716$

3 - фаза цвітіння: $y = -6,7074x^2 + 31,243x - 2,4164$; $R^2 = 0,786$

4 - дозрівання бобів (налив зерна): $y = -2,6005x^2 + 18,562x - 6,9841$; $R^2 = 0,5827$

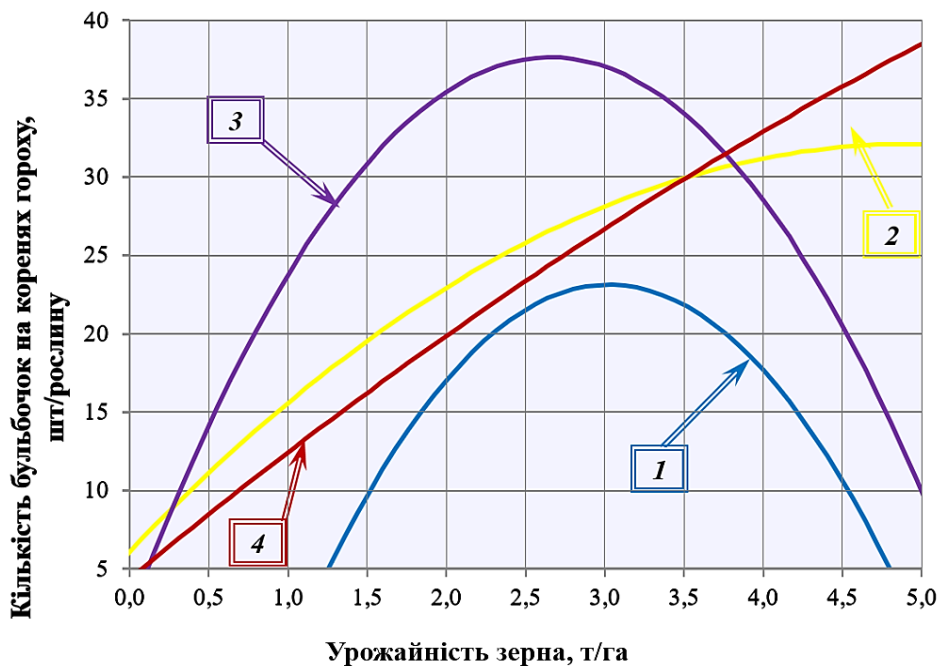


Рис. 4.6. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного (за обробки насіння Нановіт Мікро) та кількістю бульбочок на коренях рослин:

- 1 – через 25 днів після сходів: $y = -5,7612x^2 + 34,886x - 29,65$; $R^2 = 0,4787$
 2 – початок бутонізації: $y = -1,0714x^2 + 10,555x + 6,084$; $R^2 = 0,4706$
 3 – фаза цвітіння: $y = -5,0456x^2 + 26,822x + 2,019$; $R^2 = 0,6161$
 4 – дозрівання бобів (налив зерна): $y = -0,3092x^2 + 8,3702x + 4,3958$; $R^2 = 0,7493$

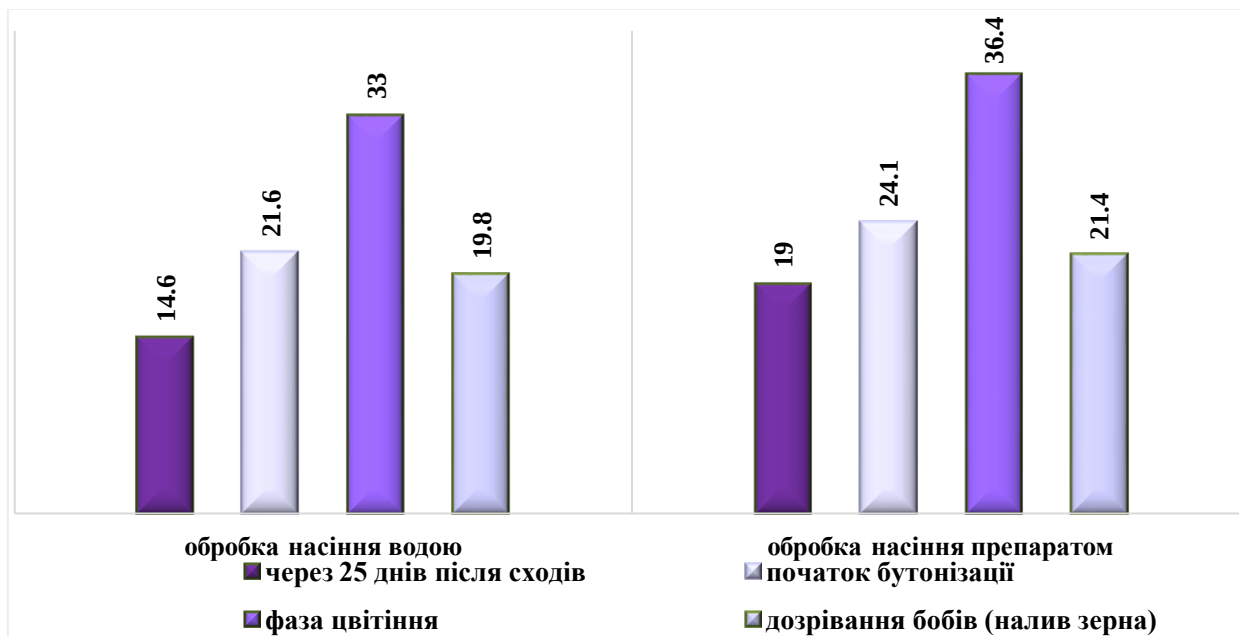


Рис. 4.7. Динаміка утворення бульбочок на коренях рослин гороху за впливу оптимізації живлення та обробки насіння (середнє по варіантах за 2021-2023 рр.), штук/рослину [40]

Слід зазначити, що загальна чисельність бульбочок у всі періоди визначення була значно більшою порівняно з кількістю активних. Це пов'язано з високим температурним режимом та не завжди оптимальною забезпеченістю ґрунту вологою для їх ефективної роботи. Покажемо це на прикладі заключного періоду вегетації (табл. 4.4). Звісно ж і маса активних бульбочок визначена меншою.

Між кількістю загальних бульбочок на коренях гороху та врожайністю насіння гороху посівного в нашому досліді побудовано кореляційно-регресійну залежність: встановлено функціональний зв'язок за обробки насіння Нановітом та значний – за обробки водою. Між кількістю активних бульбочок встановлено помірний - за обробки насіння Нановіт Мікро та сильний зв'язок - за обробки його водою (рис.4.8).

Таблиця 4.4

**Кількість і маса бульбочок на коренях гороху посівного у фазу
наливу зерна (середнє за 2021-2023 рр.) [40]**

Варіант живлення (фактор В)	Обробка насіння (фактор А)							
	Кількість бульбочок, шт/рослину				Маса бульбочок, г/рослину			
	водою		препаратом		водою		препаратом	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль	16	5,4	18	6,0	0,07	0,03	0,07	0,04
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	16	6,1	19	6,3	0,09	0,04	0,10	0,05
Нановіт Мікро 1 л/га	19	6,7	2	7,1	0,11	0,05	0,12	0,06
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1 л/га	21	7,2	23	7,5	0,12	0,06	0,13	0,06
Органік Д-2М 2л/га	22	7,1	21	7,5	0,13	0,06	0,14	0,07
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	20	6,9	22	7,8	0,12	0,06	0,14	0,07
Бор 1 л/га	21	7,3	23	7,9	0,13	0,07	0,15	0,09
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	23	7,7	24	8,4	0,14	0,08	0,17	0,10

*) 1 – загальна кількість бульбочок

2 – активних

Між урожайністю зерна гороху посівного та масою загальних бульбочок встановлено сильний кореляційний зв'язок: $R^2 = 0,7323 - 0,7422$. Помірний та значний зв'язок визначено між урожайністю зерна гороху посівного та масою активних бульбочок $R^2 = 0,4232 - 0,6211$ (рис. 4.9).

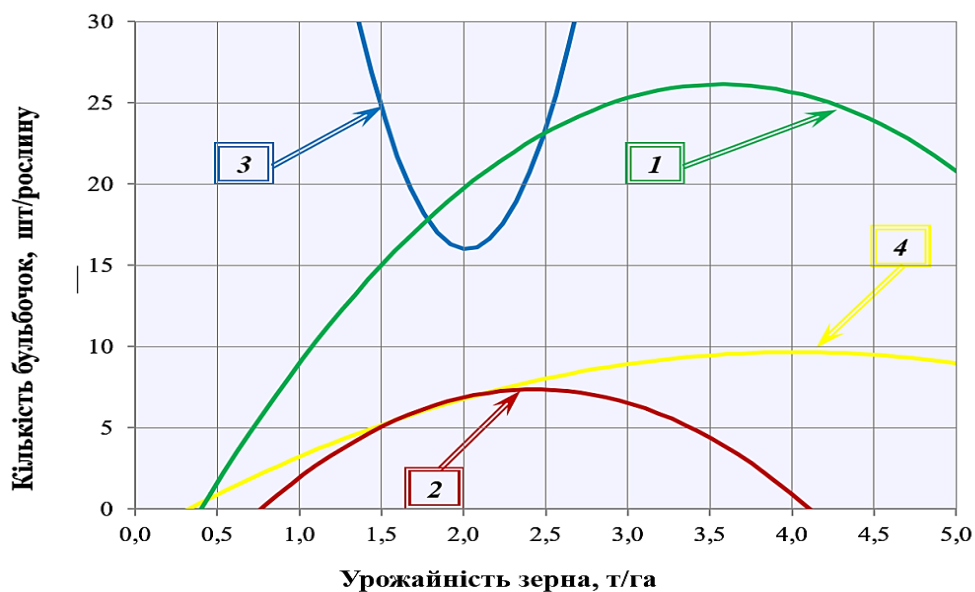


Рис. 4.8. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного та кількістю бульбочок:

1 - загальних бульбочок (за обробки насіння водою) $y = -2,6005x^2 + 18,562x - 6,9841$; $R^2 = 0,5827$

2 - активних бульбочок (за обробки насіння водою): $y = -2,6363x^2 + 12,819x - 8,2071$; $R^2 = 0,7756$

3 - загальних бульбочок (за обробки насіння Нановіт Мікро): $y = 32,2x^2 - 130,04x + 147,29$; $R^2 = 0,1143$

4 - активних бульбочок (за обробки насіння Нановіт Мікро): $y = -1,0714x^2 + 10,555x + 6,084$; $R^2 = 0,4706$

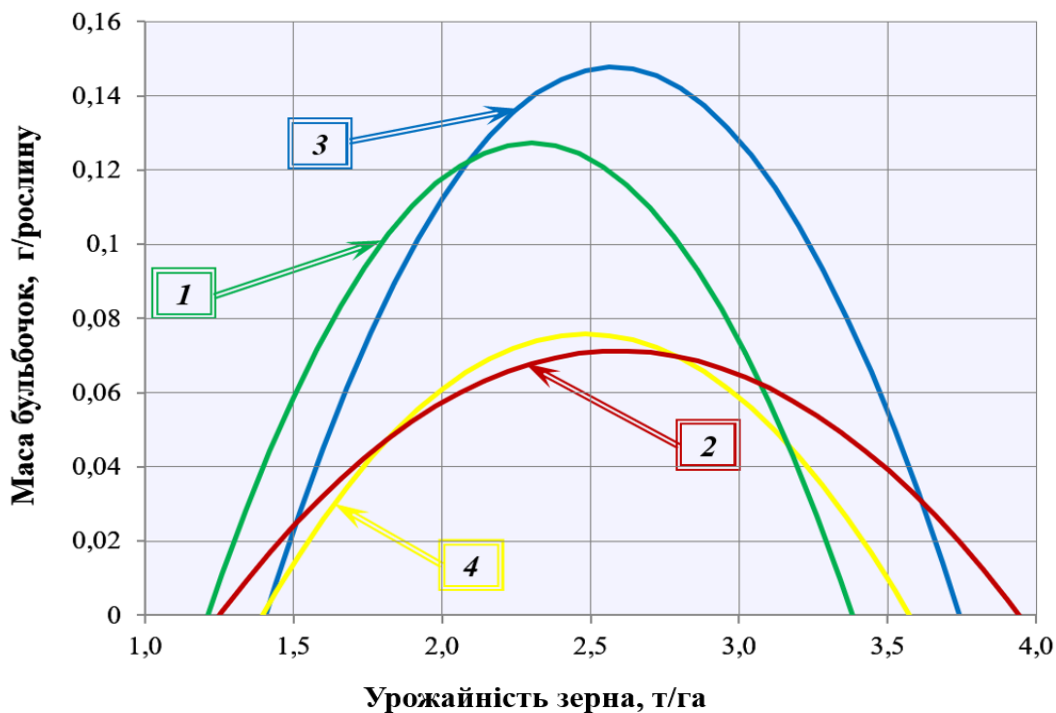


Рис. 4.9. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного та масою бульбочок:

1 - загальних бульбочок (за обробки насіння водою): $y = -0,1078x^2 + 0,4953x - 0,4417$; $R^2 = 0,7422$

2 - активних бульбочок (за обробки насіння водою): $y = -0,0394x^2 + 0,2044x - 0,194$; $R^2 = 0,6211$

3 – загальних бульбочок (за обробки насіння Нановіт Мікро): $y = -0,1082x^2 + 0,5568x - 0,5687$; $R^2 = 0,7323$

4 – активних бульбочок (за обробки насіння Нановіт Мікро): $y = -0,0639x^2 + 0,3173x - 0,3181$; $R^2 = 0,4232$

Все це вплинуло на накопичення симбіотичного азоту коренями гороху [44]. Тривалість активного симбіозу за варіантами дослідів у середньому за роки вирощування складала від 35 до 43 діб. Враховуючи викладене, ми розрахували можливу кількість симбіотично фіксованого азоту, яка може накопичитись і залишатись у ґрунті для наступних культур.

Нами також визначено загальну кількість можливого надходження азоту в ґрунт після збирання гороху (табл. 4.5) [40].

Таблиця 4.5

Розрахункове надходження азоту в ґрунт з надземною біомасою та за рахунок симбіотичної фіксації залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.), кг/га [40]

Варіант живлення (фактор В)	Обробка насіння (фактор А)						Приріст від поєднання обробки насіння та підживленн я	
	водою			препаратом				
	Біологіч- но фіксо- ваний	З надз. біомасою	всього	Біологіч- но фіксо- ваний	З надз. біомасою	всього	кг/га	%
Контроль	47,4	21,2	68,6	49,8	23,4	73,2	4,6	0,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	51,4	25,5	76,9	54,3	27,8	82,1	13,5	19,7
Нановіт Мікро	58,5	27,5	86,0	63,8	30,7	94,5	25,9	37,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро	61,9	30,8	92,7	66,7	33,6	100,3	31,7	46,2
Органік Д-2М	59,1	28,7	87,8	64,3	30,8	95,1	26,5	38,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М	62,9	30,4	93,3	69,2	33,5	102,7	34,1	49,7
Бор	62,7	27,3	90,0	70,6	29,9	100,5	31,9	46,5
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор	65,9	30,0	95,9	76,8	33,2	110,0	41,4	60,3

За врахування симбіотично фіксованого та сполук азоту з надземною біомасою ґрунт може поповнитись від 73,2 до 110,0 кг/га біологічного азоту. Приріст його від досліджуваних факторів до контролю відносно варіантів коливається у межах від 19,7 до 60,3%.

Між урожайністю зерна гороху посівного та розрахунковим надходженням азоту за рахунок симбіотичної фіксації за впливу досліджуваних факторів встановлено високий і дуже високий кореляційний зв'язок: $R^2 = 0,7423-0,9973$ (рис. 4.9).

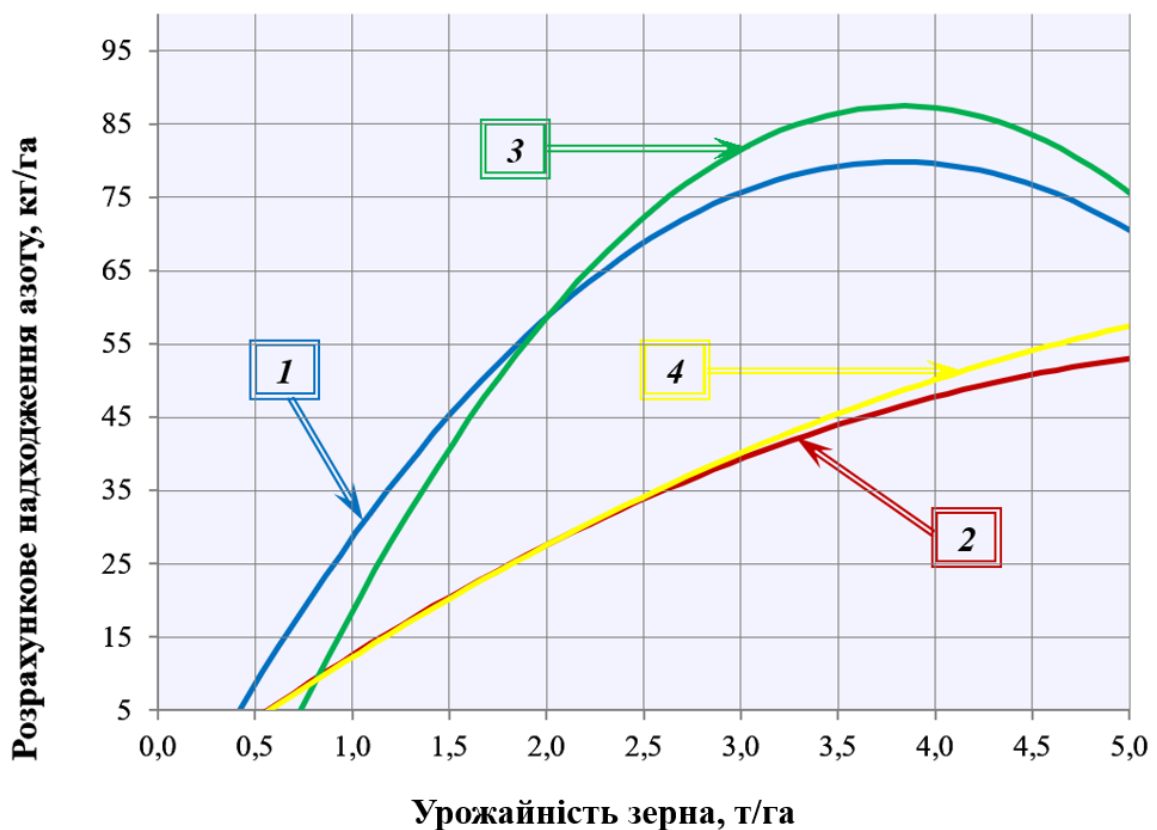


Рис. 4.9. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю гороху посівного та розрахунковим надходженням азоту в ґрунт за рахунок симбіотичної фіксації за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.), кг/га

1 - Біологічно фіксований (за обробки насіння водою): $y = -6,5377x^2 + 49,714x - 14,631$; $R^2 = 0,8209$

2 - з надземною біомасою (за обробки насіння водою): $y = -1,624x^2 + 19,869x - 5,7096$; $R^2 = 0,9812$

3 - Біологічно фіксований (за обробки насіння Нановіт Мікро): $y = -8,6198x^2 + 65,994x - 38,862$; $R^2 = 0,7423$

4 – з надземною біомасою (за обробки насіння Нановіт Мікро): $y = -1,3289x^2 + 19,258x - 5,6488$; $R^2 = 0,9973$

Між урожайністю зерна гороху посівного та розрахунковим надходженням всього азоту за рахунок симбіотичної фіксації за впливу досліджуваних факторів встановлено сильний і дуже сильний кореляційний зв'язок: $R^2 = 0,8598$ – $0,9122$ (рис. 4.10).

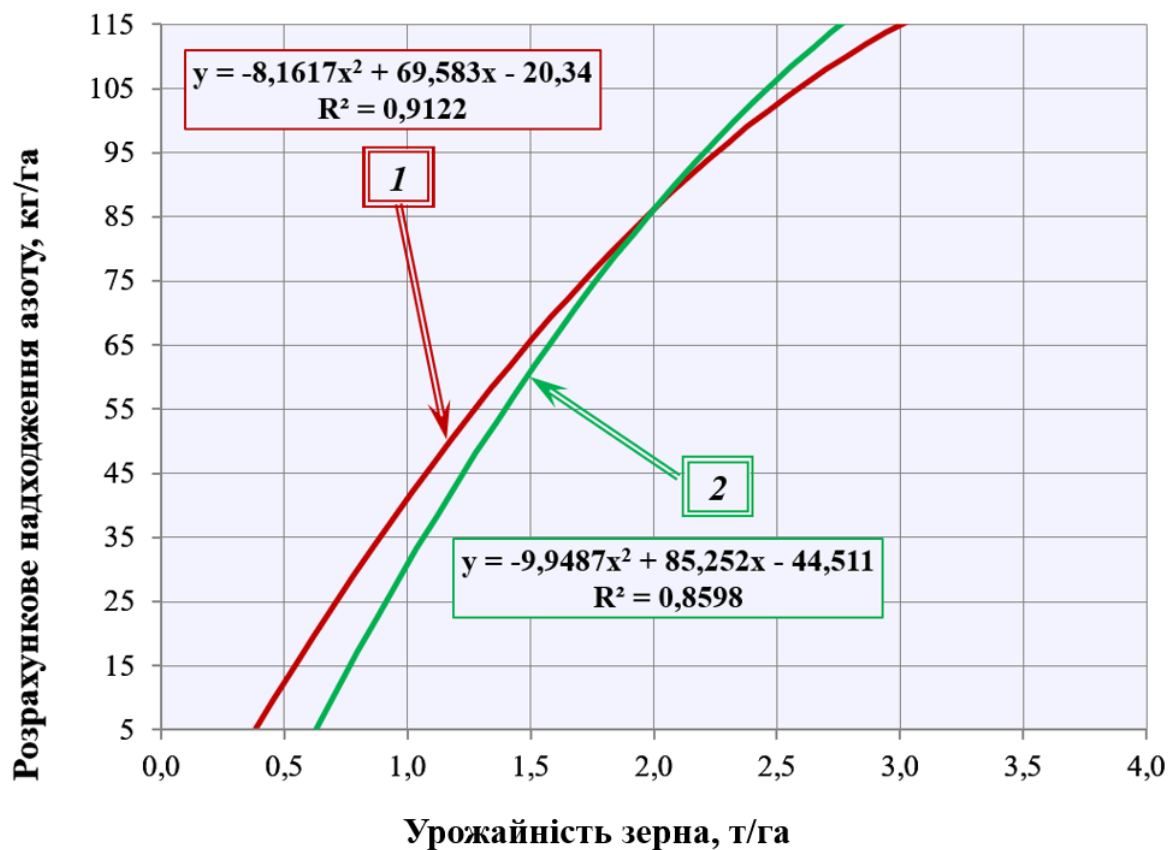


Рис. 4.10. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю гороху посівного та розрахунковим надходженням азоту в ґрунт за рахунок симбіотичної фіксації за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.), кг/га

1. Всього азоту (за обробки водою) $y = -8,1617x^2 + 69,583x - 20,34$; $R^2 = 0,9122$
2. Всього азоту (за обробки Нановіт Мікро) $y = -9,9487x^2 + 85,252x - 44,511$; $R^2 = 0,8598$

Проте зазначимо, що кліматичні умови Південного Степу України не дозволяють рослинам гороху щорічно продукувати значну кількість азоту. Адже в інших регіонах України цей показник формується значно вищим. Так, у середньому за 2017-2019 рр. у дослідженнях, проведених у Львівському НАУ, лише за рахунок симбіотичної фіксації горохом сорту Мадонна у кращих варіантах накопичувалося до 171 кг/азоту [5].

Таким чином, впровадження ресурсозберігаючих підходів до живлення рослин є виправданим, воно дозволяє істотно підвищувати їх продуктивність та відповідно накопичувати і залишати значно більшу кількість надземної біомаси для заробки її у ґрунт після збирання основного врожаю. Неоціненне значення у цьому належить бобовим культурам, гороху зокрема. Дослідження у даному напрямку доцільно продовжувати, адже змінюються умови господарювання, кліматичні фактори, з'являються нові сорти, біопрепарати тощо [29, 39].

Дослідженнями з горохом визначено, що оптимізація живлення культури на засадах ресурсозбереження, а саме: обробка насіння перед сівбою, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення дозволяє підвищити врожайність зерна з 1,55 т/га у контролі до 2,45 т/га в кращих варіантах поєднання факторів.

Досліджувані елементи дозволяють істотно збільшити накопичення надземної біомаси рослин, кількість бульбочкових бактерій на коренях гороху та посилити симбіотичну фіксацію азоту.

Встановлено, що після вирощування гороху в умовах Південного Степу України за впровадження заходів, які включено до технології, в ґрунт може бути зароблено до 3 т/га свіжої органічної речовини та до 100-110 кг біологічного безкоштовного азоту.

4.3. Накопичення сухої надземної біомаси рослинами гороху посівного залежно від досліджуваних елементів технології

Одним із основних складників посіву, від якого значною мірою залежить продуктивність гороху посівного, є наземна маса рослин. Рослини мобілізують із неї всі речовини, зокрема вуглеводи, необхідні для утворення репродуктивних органів.

Нагромадження вегетативної маси рослин, починаючи з перших фаз розвитку, є важливою умовою формування високого врожаю. Тому дуже важливо знати закономірності приросту надземної біомаси, а також як він змінюється залежно від умов вирощування. Значною мірою інтенсивність нагромадження рослинами біомаси залежить від рівня доступної вологи в ґрунті, температурного режиму та тривалості світлового дня [217, 218].

Інтенсивність і тривалість накопичення сухої речовини значною мірою залежать від приросту рослин у висоту, їх генетичних особливостей і фотосинтетичного потенціалу. З інтенсивністю ростових процесів прискорюється формування асиміляційної поверхні, збільшується фотосинтетична діяльність рослин, зростає їх фактична врожайність [257].

Максимальне накопичення сухої речовини спостерігали в період формування й досягання насіння. Таким чином, одночасне застосування мінеральних добрив та регуляторів росту сприяло формуванню вищих показників накопичення сухої речовини на ділянках гороху обох сортів [190].

Дослідженнями встановлено, що зазначені елементи технології сприяли значно інтенсивнішому наростанню надземної біомаси рослин гороху, зокрема і у фазу повної стиглості зерна (табл. 4.6).

Як свідчать наведені дані рис. 4.11, кількість біомаси на передзбиральний період за впливу ресурсоощадної оптимізації живлення порівняно з контрольним варіантом істотно зростав. Лише за обробки насіння вихід сухої речовини збільшився на 10,4%, а за поєднання заходів він зростав значно інтенсивніше – до максимального значення 58,5% до контролю.

Найбільшим утворенням біомаси характеризувався варіант поєднання обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення Нановіт Мікро 1 л/га.

Між рівнями врожаю зерна та накопиченої біомаси, яку залишають у ґрунті, в якості свіжої органічної речовини, визначено тісну кореляцію (рис. 4.12). За значенням та шкалою Чеддока вона показує дуже сильний зв'язок.

Таблиця 4.6

Накопичення сухої надземної біомаси горохом у фазу повної стиглості зерна (середнє за 2021-2023 рр.), т/га [40, 44]

Варіант живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)				приріст від сумісної обробки насіння і посіву	
	Обробка водою		Обробка препаратом			
	т/га	до контро- лю, т/га	т/га	до контро- лю, т/га	т/га	%
Контроль	2,12	0,00	2,34	0,00	0,22	10,4
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	2,55	0,43	2,78	0,44	0,66	31,1
Нановіт Мікро 1 л/га	2,75	0,63	3,07	0,73	0,95	44,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1 л/га	3,08	0,96	3,36	1,02	1,24	58,5
Органік Д-2М 2л/га	2,77	0,65	3,03	0,26	0,91	42,9
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д- 2М 2 л/га	3,04	0,92	3,35	1,01	1,23	58,0
Бор 1 л/га	2,73	0,61	2,99	0,65	0,87	41,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	3,00	0,88	3,32	0,98	1,20	56,6

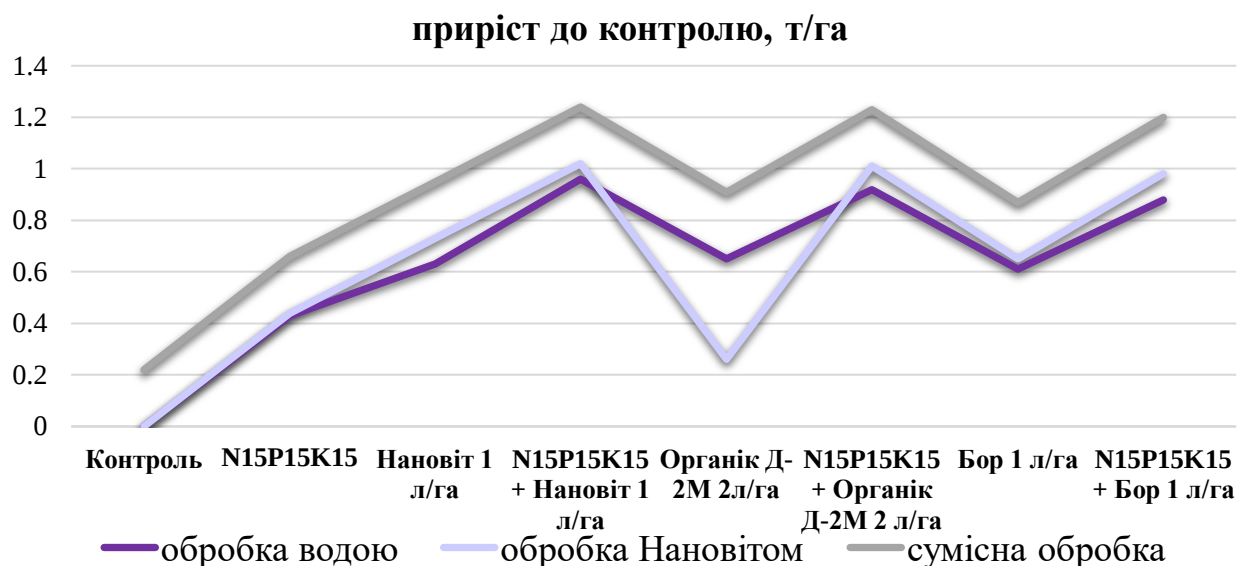


Рис. 4.11. Приріст надземної біомаси (сухої) до контролю від сумісної обробки насіння і посіву гороху посівного (середнє за 2021-2023 рр.), т/га

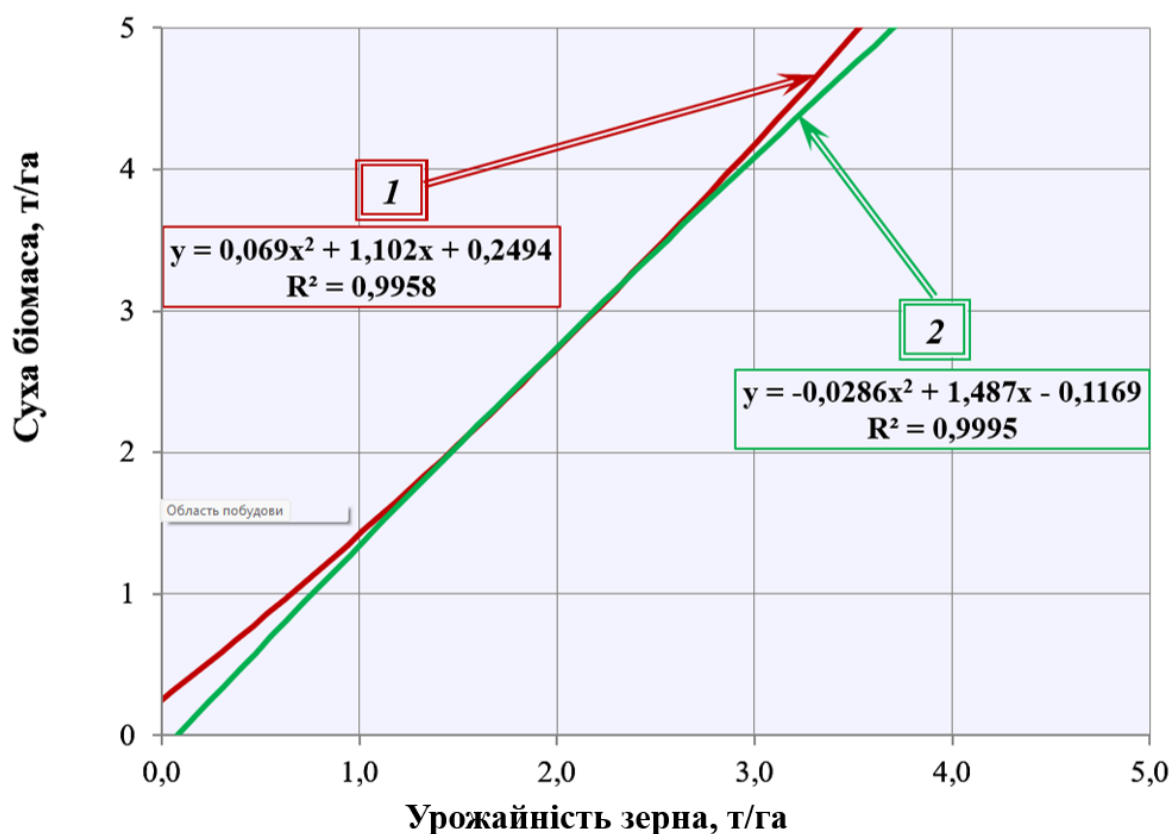


Рис. 4.12. Кореляційна модель між сухою надземною біомасою та рівнем урожайності зерна [40, 44]

1 – обробка водою: $y = 0,069x^2 + 1,102x + 0,2494$; $R^2 = 0,9958$

2 – обробка препаратом: $y = -0,0286x^2 + 1,487x - 0,1169$; $R^2 = 0,9995$

Висновки до розділу 4:

1. Обробка насіння перед сівбою та оптимізація живлення рослин на засадах заощадження ресурсів позначаються на тривалості окремих міжфазних і загального періоду вегетації, виживаності рослин від сходів до повної стиглості зерна та в кінцевому підсумку – на рівнях урожайності зерна (підвищується до 43,3-45,2 % відносно контролю). Результати досліджень засвідчують доцільність застосування в умовах Південного Степу України ресурсоощадного живлення гороху посівного, яке базується на внесенні до сівби $N_{15}P_{15}K_{15}$, обробці насіння Нановітом та проведенні позакореневого підживлення біопрепаратами і бором на початку бутонізації.

2. Дослідженнями з горохом визначено, що оптимізація живлення культури на засадах ресурсозбереження, а саме: обробка насіння перед сівбою, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення дозволяє підвищити врожайність зерна з 1,55 т/га у контролі до 2,45 т/га в кращих варіантах поєднання факторів. Досліджувані елементи дозволяють істотно збільшити накопичення надземної біомаси рослин, кількість бульбочкових бактерій на коренях гороху та посилити симбіотичну фіксацію азоту. Встановлено, що після вирощування гороху в умовах Південного Степу України за впровадження заходів, які включено до технології, в ґрунт може бути зароблено до 3 т/га свіжої органічної речовини та до 100-110 кг біологічного безкоштовного азоту.

3. Кількість біомаси на передзбиральний період за впливу ресурсоощадних елементів оптимізації живлення порівняно з контрольним варіантом істотно зростала. Лише за обробки насіння вихід сухої речовини збільшився на 10,4%, а за поєднання заходів він зростав значно інтенсивніше – до максимального значення 58,5% до контролю. Найбільшим утворенням біомаси характеризувався варіант поєднання обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення Нановітом 1 л/га. Між рівнями врожаю зерна та накопиченої біомаси, яку залишають у ґрунті, в якості свіжої органічної речовини, визначено тісну кореляційну залежність.

Публікації за розділом 4:

1. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Поліпшення ґрунтової родючості шляхом вирощування бобових культур. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*, 2(56), 2024. С. 17-23 [40].
2. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Бакланова Т. В. Окремі фенологічні показники та врожайність гороху посівного за впливу обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2024. Випуск 104. Частина 1. С331–342. DOI 10.32782/2415-8240-2024-104-1-331-342 [45].
3. Гамаюнова В., Єрмолаєв В., Бакланова Т. Бобові як джерело азоту для органічного землеробства і продовольчої безпеки. *Збірник праць учасників XI міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека»*. (23-24 травня 2024 року). Житомир, 2024 С. 94–98 [44].
4. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Бакланова Т. В. Симбіотична активність бульбочкових бактерій рослин гороху посівного за впливу оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри*. Міжнародний форум = Food security of Ukraine in the conditions of the war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 30-31 травня 2024 р.) / Міністерство освіти і науки України ; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 31–34. DOI: <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-78-0-8> [46].
5. Воронкова Г. М., Єрмолаєв В. М., Павлов В. О., Гамаюнова В. В. Можливість покращення стану родючості ґрунту в умовах півдня України на засадах екологізації та ресурсозбереження. *Сучасні аспекти підвищення продуктивності та адаптивного потенціалу у контексті європейського*

зеленого курсу : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-річчю від дня заснування Миронівського інституту пшениці імені В.М.Ремесла НААН. 135 – річчю від дня народження Єремєєва І.М., 125-річчю від дня народження Фрідріха А.Й., 115-річчю від дня народження Ремесла В.М. – с. Центральне, 16 листопада 2022. С. 170–171 [29].

6. Гамаюнова В. В. **Єрмолаєв В. М.** Зернобобові в екологічному землеробстві. *Інноваційні технології в рослинництві*. VII всеукраїнська наукова інтернет-конференція 25 квітня 2024 р., м. Кам'янець Подільський, 2024. С.30–32 [39].

РОЗДІЛ 5

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ КУЛЬТУРИ НА ЗАСАДАХ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

5.1. Структура врожаю гороху посівного і її залежність від передпосівної обробки насіння та елементів оптимізації живлення

Формування зернової продуктивності гороху посівного обумовлюють такі основні елементи структури врожаю як кількість утворених квіток, бобів, зерен у 1 бобі, маса 1000 зерен. Так, за результатами досліджень М. І. Кондратенка [122] визначено, що досить важливо забезпечити рослини для формування врожаю усіма оптимальними складовими його структури. Автор між кількістю бобів, кількістю зерен на 1 рослині, масою зерна та рівнем урожайності зерна визначив пряму кореляційну залежність.

Про тісний зв'язок з урожайністю зерна та основними елементами структури зазначають й інші дослідники [65, 138]. Деякі автори відзначили, що кількість бобів на рослині гороху залежить від багатьох чинників і перш за все від біологічних особливостей сортів, які взято на вирощування [75, 84, 85, 125]. Так, кількість бобів на рослині у досліджуваних сортів коливались в межах 4,6-4,75 шт [212, 216], а за даними [275] їх визначено більше – 7,0-7,5 штук. Адже, на нашу думку, це залежить і від інших чинників вирощування: елементів технології, ґрунтової відміни, кліматичних умов року тощо. Дослідженнями з горохом визначено, що кількість бобів зростає за впливу мінерального удобрення [34, 103], а також від застосування мікродобрив [102].

Зазначені чинники, як зазначають дослідники, позначаються на кількості зерен у бобі [93, 183]. Таким чином, як свідчать літературні джерела, основні елементи структури врожаю можуть істотно змінюватись, але, як правило, вони тісно корелюють з рівнями сформованої урожайності.

Враховуючи важливість та різнобічні результати досліджень ряду вчених щодо зміни основних показників з визначення складових елементів структури врожаю гороху, ми також досліджували ці показники. Нами визначено, що передпосівна обробка насіння та оптимізація живлення, повною мірою позначалися на кількості бобів, утворених на рослинах гороху посівного (рис. 5.1). Встановлено, що досліджувані фактори стосовно оптимізації живлення й обробки насіння та особливо за їх поєднання позитивно впливали на цей показник. Так, якщо у контролі за обробки насіння перед сівбою водою кількість бобів у середньому за три роки вирощування склала 4,3 шт, то в найбільш оптимальному варіанті досліді вона збільшилась до 4,7-4,8 шт/рослину. При цьому слід зазначити, що найменше бобів на рослинах гороху впродовж наших досліджень утворилося у найбільш посушливому 2022 році вирощування: у межах 2,58-3,13 штук.

Нами встановлено, що з проведенням передпосівної обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та позакоренових підживлень посіву рослин на початку бутонізації, а особливо за поєднання цих елементів, збільшувались й такі важливі складові структури врожаю, як кількість зерен у бобі та їх кількість, що припадає на 1 рослину гороху посівного. Дані змін цих показників представлено у табл. 5.1.

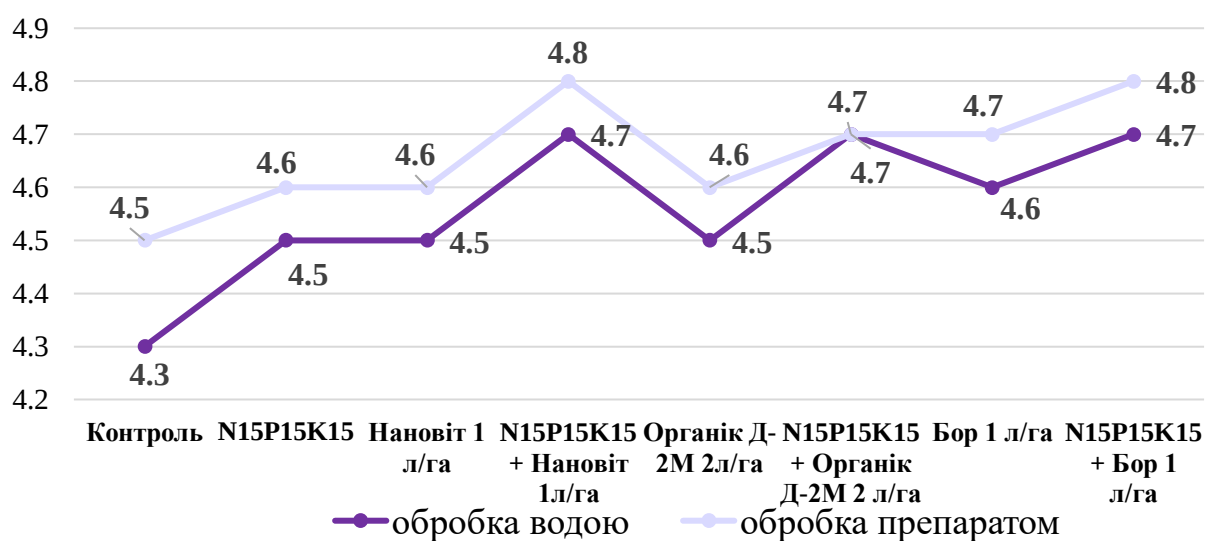


Рис. 5.1. Вплив досліджуваних факторів на кількість бобів на рослинах гороху (середнє за 2021-2023 рр.), шт/рослину

Таблиця 5.1

**Кількість зерен у бобі та на 1 рослину залежно від впливу факторів
(середнє за 2021-2023 рр.), шт**

Фон живлення (фактор В)	Інокуляція насіння (фактор А)			
	Кількість зерен у бобові		Кількість зерен на 1 рослині	
	водою	Нановітом	водою	Нановітом
Контроль	5,8	6,1	25,1	27,4
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	6,2	6,3	27,9	29,0
Нановіт Мікро 1л/га	6,2	6,3	27,9	29,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	6,4	6,5	30,1	31,2
Органік Д-2М 2л/га	6,2	6,3	28,3	29,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	6,3	6,4	29,6	30,1
Бор 1 л/га	6,2	6,3	28,5	29,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	6,3	6,4	29,6	30,7

Знову ж наведені дані свідчать, що якщо у контролі за обробки насіннєвого матеріалу водою кількість зерен у бобові в середньому за роки досліджень склала 5,8 шт, то за поєднання факторів оптимізації живлення вона зростала до 6,4-6,5 штук. Аналогічно у зазначених варіантах змінювалась і кількість зерен на 1 рослину: 25,1 шт у контролі та до 30,7-31,2 шт відповідно у кращих варіантах досліджу.

Нами побудовано кореляційно-регресійні моделі між урожайністю гороху посівного та кількістю зерен у бобові (рис. 5.2) і на 1 рослині (рис. 5.3) за впливу досліджуваних факторів. На рисунках чітко простежується сильний та дуже сильний зв'язок за шкалою Чеддока, про що свідчить коефіцієнт детермінації (R^2).

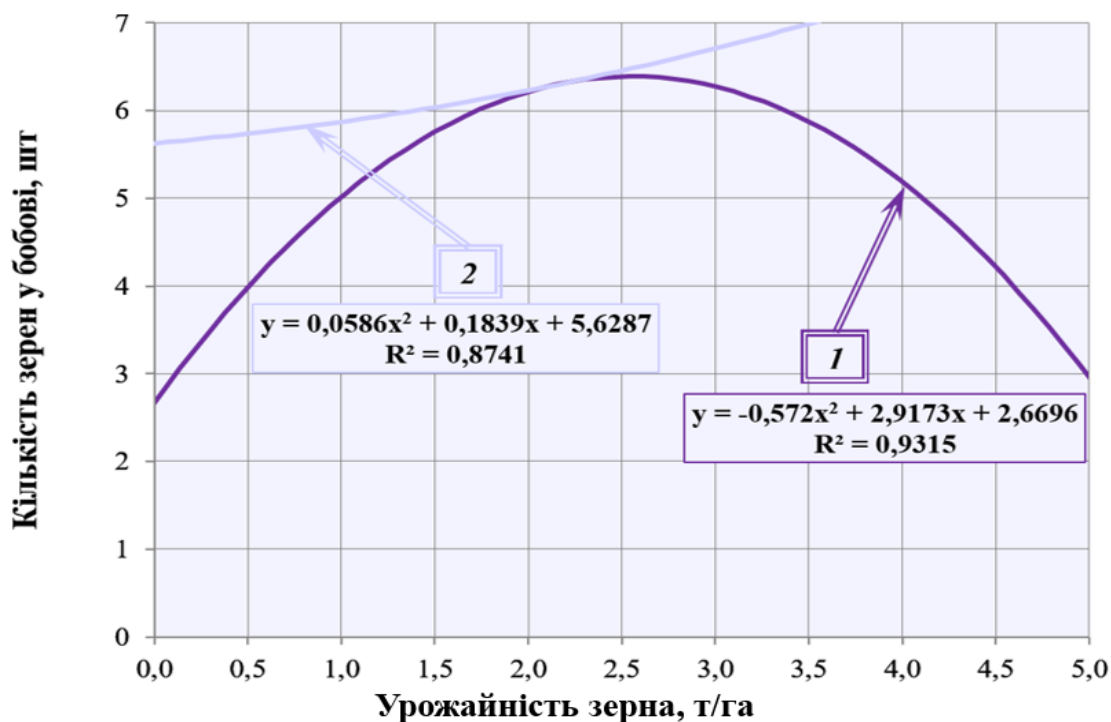


Рис. 5.2. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю гороху посівного та кількістю зерен у бобові за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.)

1 за обробки насіння водою: $y = -0,572x^2 + 2,9173x + 2,6696$; $R^2 = 0,9315$

2 за обробки насіння Нановіт Мікро: $y = 0,0586x^2 + 0,1839x + 5,6287$; $R^2 = 0,8741$

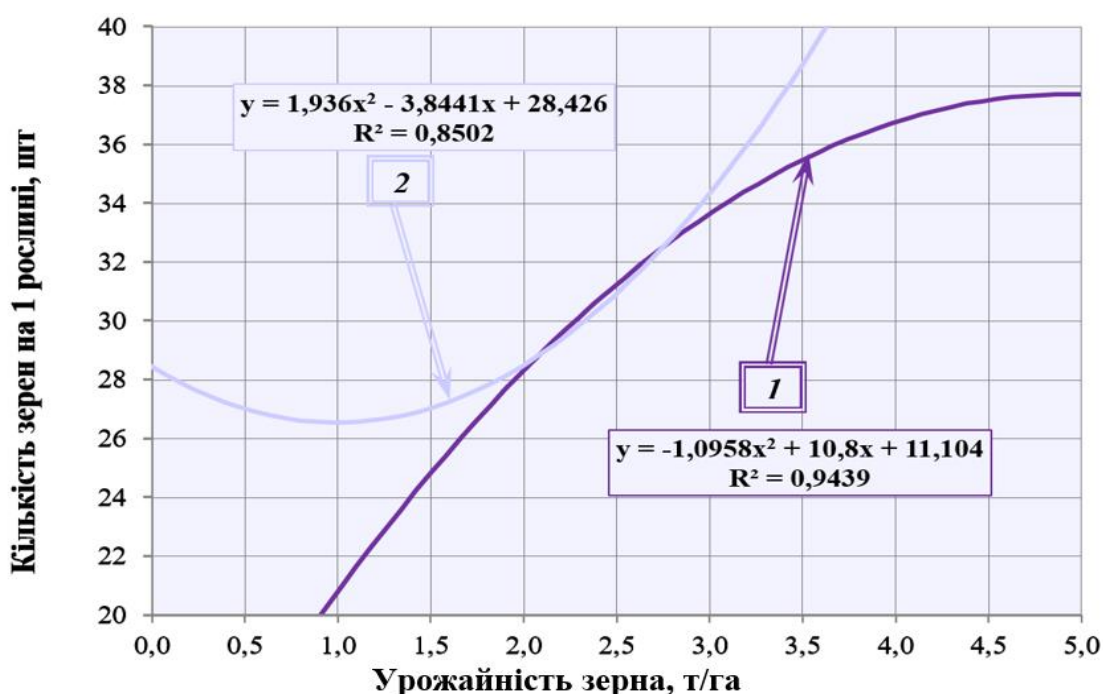


Рис.5.3. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю гороху посівного та кількістю зерен на 1 рослині за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.)

1. за обробки насіння водою: $y = -1,0958x^2 + 10,8x + 11,104$; $R^2 = 0,9439$

2. за обробки насіння Нановіт Мікро: $y = 1,936x^2 - 3,8441x + 28,426$; $R^2 = 0,8502$

Наведені отримані нами результати звісно ж вплинули і на масу зерна з 1 рослини гороху посівного та масу 1000 зерен (табл. 5.2). За поєднання досліджуваних факторів ці показники також зросли відносно контролю, що переконливо ілюструє рис. 5.4.

Таблиця 5.2

Вплив досліджуваних факторів на масу зерна з 1 рослини та масу 1000 зерен (середнє за 2021-2023 рр.), г

Фон живлення (фактор В)	Інокуляція насіння (фактор А)			
	Маса зерна з 1 рослини		Маса 1000 зерен	
	водою	Нановітом	водою	Нановітом
Контроль	5,34	5,47	223,2	226,1
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	5,68	5,79	234,3	238,2
Нановіт Мікро 1 л/га	5,70	5,82	231,1	237,3
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	6,23	6,52	238,0	242,5
Органік Д-2М 2л/га	5,59	5,72	230,7	235,1
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	6,19	6,41	234,5	239,4
Бор 1 л/га	5,61	5,90	231,2	235,5
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	6,21	6,49	236,8	240,1

Маса 1000 зерен, г

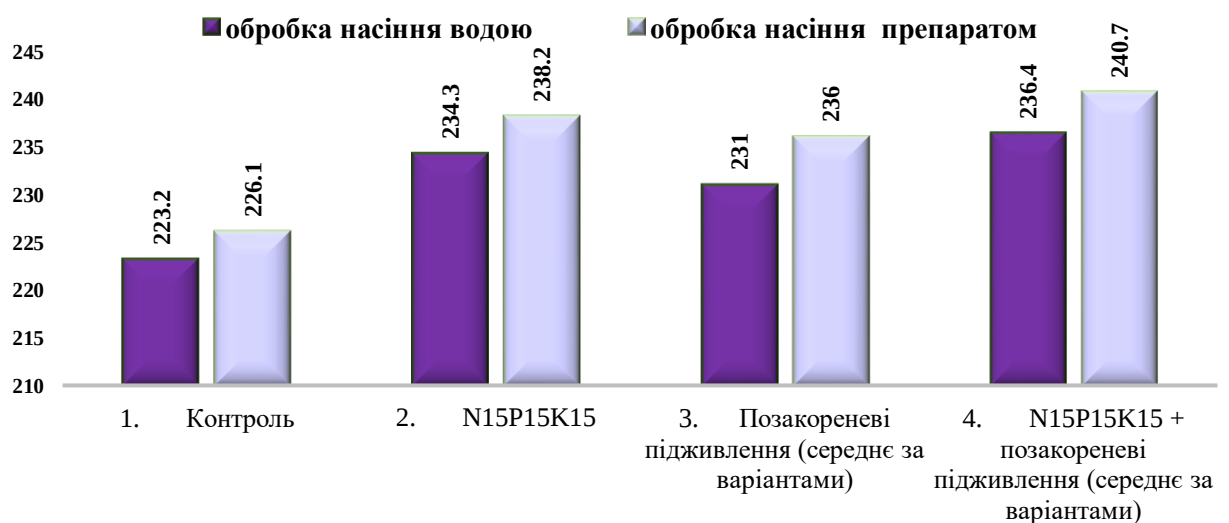


Рис.5.4. Вплив досліджуваних факторів на масу 1000 зерен гороху посівного (середнє за 2021-2023 рр.) [42]

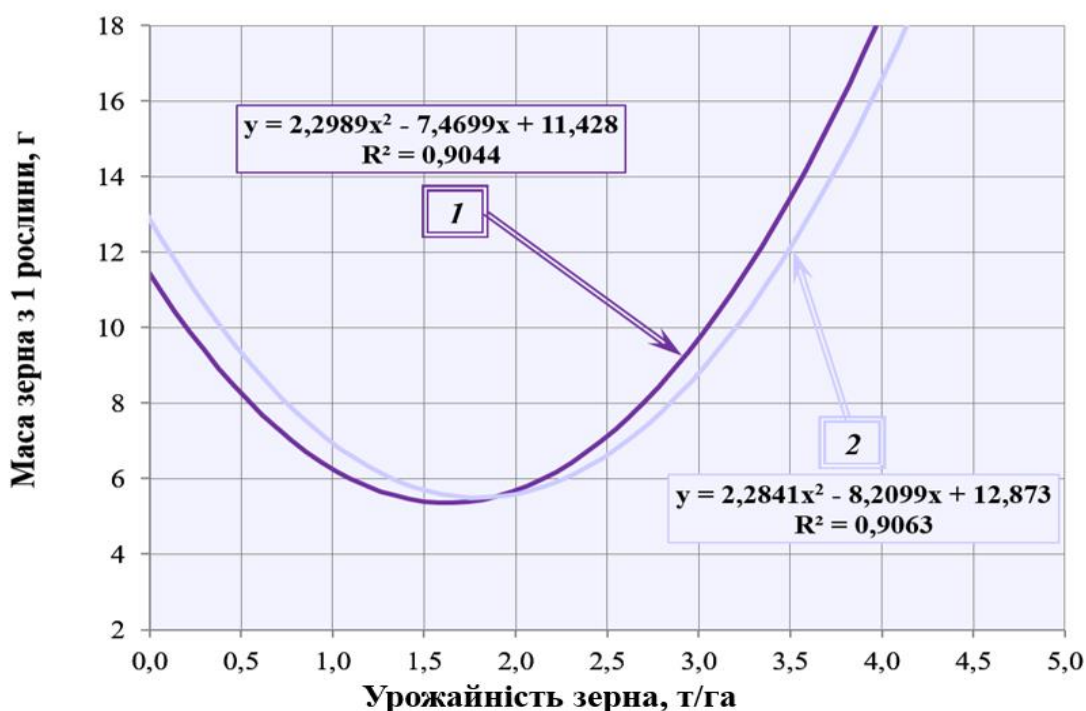


Рис.5.5. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю гороху посівного та масою зерна з 1 рослини за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.)

1. за обробки насіння водою: $y = 2,2989x^2 - 7,4699x + 11,428$; $R^2 = 0,9044$

2. за обробки насіння Нановіт Мікро: $y = 2,2841x^2 - 8,2099x + 12,873$; $R^2 = 0,9063$

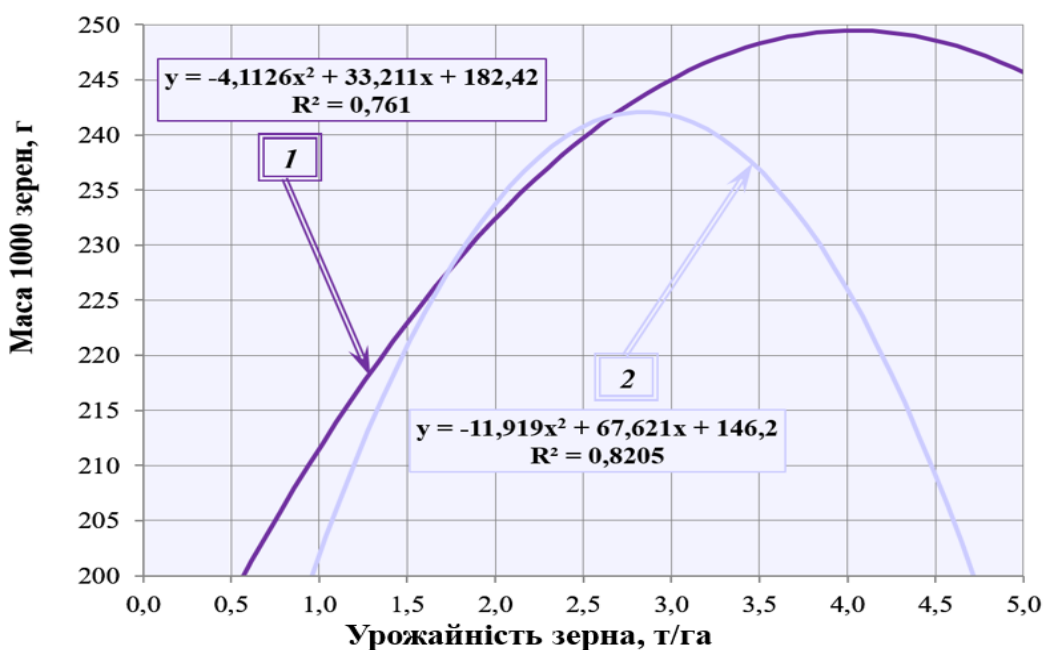


Рис.5.6. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю гороху посівного та масою 1000 зерен за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.) [42]

1. за обробки насіння водою: $y = -4,1126x^2 + 33,211x + 182,42$; $R^2 = 0,761$

2. за обробки насіння Нановіт Мікро: $y = -11,919x^2 + 67,621x + 146,2$; $R^2 = 0,8205$

Нами побудовано кореляційно-регресійні моделі залежностей між урожайністю гороху посівного та масою зерна з 1 рослини (рис. 5.5) і масою 1000 зерен (рис. 5.6) за впливу досліджуваних факторів. На рисунках чітко простежується сильний та дуже сильний зв'язок за шкалою Чеддока про що свідчить коефіцієнт детермінації (R^2).

Отримані нами результати досліджень і визначень свідчать, що в середньому за 2021-2023 рр. вирощування за сприятливих умов дозрівання, відсутності часткового полягання рослин перед збиранням та втрат урожаю безпосередньо при збиранні, біологічна врожайність зерна гороху посівного могла б скласти 6,53 т/га, або була значно вищою від фактично зібраної.

Таким чином, основні показники структури, які найбільшою мірою впливають на рівні врожайності зерна гороху, а саме кількість бобів на рослині, кількість зерен у бобі та їх маса за впливу обробки насіння перед сівбою, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакоренових підживлень досліджуваними препаратами зростали і тісно корелювали з фактично отриманою врожайністю зерна.

5.2. Вплив досліджуваних факторів на врожайність гороху посівного

У формуванні сталої продуктивності сільськогосподарської культури вирішальне значення належить її живленню. Стосується це і бобових рослин. Зокрема горох позитивно реагує на покращення умов живлення. Разом з тим високих доз мінеральних добрив, і особливо азотних, бобові не потребують, адже за таких умов буде знижуватись їх симбіотична діяльність, а врожайність не завжди зростатиме. Ми досліджували вплив оптимізації живлення гороху сорту Мадонна на засадах заощадження ресурсів, а саме за допосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ і проведення обробки насіння та позакоренових підживлень сучасними біопрепаратами. Дане питання є актуальним.

Урожайність зерна гороху є одним із ключових показників ефективності вирощування цієї культури. За дослідженням Г.М. Господаренка [69], одним із ефективних агротехнічних заходів для підвищення врожайності та якості зерна гороху є використання добрив. Особливості системи удобрення гороху, як вказує автор, пов'язані з його здатністю фіксувати атмосферний азот через симбіоз з бульбочковими бактеріями та забезпечувати фосфор із малодоступних джерел. Використання мінеральних добрив є важливим чинником для стимулювання продукційного процесу гороху. Оптимізація мінерального живлення та обробка насіння препаратом можуть значно впливати на урожайність гороху [91].

Мінеральне живлення є одним із ключових аспектів вирощування гороху, оскільки ця культура вимагає певних мінеральних елементів для нормального росту та розвитку. Недостатнє або надмірне живлення може призвести до зниження урожайності. Оптимальне мінеральне живлення гороху передбачає забезпечення йому необхідної кількості азоту, фосфору, калію та інших макро- і мікроелементів. Для оптимізації мінерального живлення гороху, необхідно враховувати особливості ґрунту, кліматичних умов, сорту та вимоги рослини до поживних речовин. Використання рекомендованих доз добрив та дотримання вимог щодо кількості їх внесення може позитивно вплинути на рівень урожайності зерна гороху.

Дослідженнями Л.В. Центилю [239] встановлено, що приріст урожаю за внесення добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ був у межах статистичної похибки. Збільшення врожайності гороху автор спостерігав при використанні органічних добрив. Також, в умовах нестійкого зволоження на чорноземі опідзоленому, було зафіксовано позитивну реакцію рослин гороху на підвищені дози добрив $N_{90}P_{60}K_{80}$ та $N_{110}P_{70}K_{100}$, що призвело до збільшення урожайності зерна [97].

Дослідженнями на лучно-чорноземному ґрунті встановлено, що внесення мінеральних добрив у нормах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ спричинило зниження активності біологічної азотфіксації рослин гороху на ранніх етапах,

але позитивний ефект став виявлятися пізніше, зокрема під час бутонізації, що призвело до значного зростання урожайності гороху [27].

Результати досліджень на Єрастівській дослідній станції засвідчили, що урожайність гороху в Північному Степу України значно залежить від наявності ефективних опадів протягом періоду вегетації культури, разом із фоном мінерального живлення [64].

Обробка насіння препаратом є важливим етапом у підготовці насіння до сівби. Препарати для обробки насіння можуть містити фунгіциди, інсектициди, стимулятори росту та інші активні речовини, які сприяють збереженню насіння, захисту від шкідників та покращенню його проростання. Ефективна обробка насіння препаратом може зменшити втрати врожаю внаслідок хвороб та шкідників, покращити розвиток кореневої системи рослини та сприяти формуванню більш сильних та живучих рослин. Це може призвести до підвищення урожайності гороху.

Інокуляція насіння гороху сприяє підвищенню врожайності та якості зерна. Використання передпосівної обробки насіння ризоторфіном у дозі 300 г призводить до збільшення вмісту протеїну в зерні на 0,2-0,5%. Також, при застосуванні макро- і мікродобрих "Еколист" тричі позакоренево, вміст сирого протеїну збільшується на 0,3-0,6% [186].

Інокуляція насіння бобових рослин бактеріальними чи біопрепаратами сприяє розвитку активних симбіотичних бульбочкових бактерій у т.ч. і гороху, що допомагає задовольняти його потреби в азотних сполуках. Однак, недостатнє зволоження або недостатня аерація ґрунту можуть обмежити процеси симбіотичної азотфіксації та порушити оптимальне водоспоживання рослин [58, 266].

Горох витрачає значну кількість поживних речовин на формування врожаю зерна, включаючи азот, фосфор, калій, кальцій, магній та мікроелементи [58].

Рослини гороху у взаємодії з бульбочковими бактеріями *Rhizobium* можуть фіксувати значну кількість азоту та залишати його в ґрунті для наступних культур.

Передпосівна обробка насіння бобових культур сприяє активізації симбіотичної діяльності бактерій і позитивно впливає на їх продуктивність, гороху зокрема. Врожайність бобових залежить від ряду складових елементів структури врожаю, таких як кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на рослині, маса 1000 насінин та інші [52, 73, 215, 225].

Оптимізація мінерального живлення та обробка насіння сучасними препаратами є важливими аспектами, які можуть позитивно вплинути на врожайність зерна гороху [6, 20, 244, 253, 256]. Правильний баланс макро- і мікроелементів у ґрунті та ефективна захисна обробка насіння можуть сприяти не лише збільшенню урожайності, а й покращенню якості продукції. Для досягнення оптимальних результатів необхідно враховувати індивідуальні особливості кожного поля, використовувати сучасні технології та дотримуватися рекомендацій фахівців сільського господарства. Таким чином, оптимізація мінерального живлення та обробка насіння препаратом можуть бути ефективними методами підвищення врожайності зерна гороху.

Результати досліджень свідчать, що внесення мінеральних добрив, допосівна інокуляція насіння і поєднання даних агрозаходів у цілому покращували умови росту і розвитку рослин гороху і в цілому вплинули на рівень урожайності цієї культури.

Результати наших досліджень дають підставу стверджувати, що за рахунок технологічних заходів, зокрема передпосівної обробки насіння, можна керувати майбутнім рівнем врожаю. В середньому за 3 роки досліджень було встановлено, що зазначені показники продуктивності рослин гороху залежали від факторів, які були поставлені на вивчення. За обробки насіння препаратом рівень урожайності зерна зростав (табл 5.3).

Фактор оптимізації живлення також істотно впливав на величину врожаю зерна гороху. Так, максимальною в середньому за 3 роки її отримали у

варіантах внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га незалежно від обробки насіння препаратом перед сівбою. За обробки водою та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га середня врожайність зерна гороху склала 2,25 т/га, за обробки препаратом перед сівбою – 2,45 т/га. При внесенні $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га ці показники відповідно склали 2,22 та 2,45 т/га (рис.5.7).

Таблиця 5.3

Урожайність зерна гороху залежно від досліджуваних факторів, т/га [41]

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)							
	Обробка водою				Обробка препаратом			
	2021	2022	2023	Середнє	2021.	2022	2023	Середнє
Контроль	1,77	1,28	1,59	1,55	1,95	1,42	1,76	1,71
$N_{15}P_{15}K_{15}$	2,08	1,58	1,92	1,86	2,23	1,70	2,13	2,02
Нановіт Мікро 1 л/га	2,32	1,71	2,13	2,05	2,52	1,88	2,36	2,25
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1л/га	2,63	1,85	2,26	2,25	2,86	2,01	2,49	2,45
Органік Д-2М 2л/га	2,28	1,69	2,09	2,02	2,47	1,84	2,32	2,21
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га	2,57	1,83	2,27	2,22	2,84	1,99	2,51	2,45
Бор 1 л/га	2,24	1,66	2,06	1,99	2,45	1,83	2,27	2,18
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор 1 л/га	2,52	1,80	2,24	2,19	2,82	1,96	2,48	2,42
HP_{05} фактор А	0,03	0,03	0,04					
фактор В	0,07	0,05	0,07					
фактори АВ	0,11	0,08	0,12					

Результати наших досліджень дають підставу стверджувати, що за рахунок технологічних заходів, зокрема передпосівної обробки насіння, можна керувати майбутнім рівнем урожаю. В середньому за 3 роки досліджень було встановлено, що зазначені показники продуктивності рослин гороху залежали від факторів, які були прийняті на вивчення. Застосування препарату окремо без передпосівного удобрення також сприяло зростанню врожаю зерна гороху порівняно з контролем, але рівні його були дещо меншими. Так, обробка насіння перед сівбою препаратом забезпечила врожайність зерна гороху на

рівні 1,42-1,95 т/га, що більше за контроль на 10,1-10,9 %. Оптимізація живлення в середньому за роки досліджень сприяла формуванню врожайності на рівні 1,71-2,45 т/га, що перевищило контроль до 43,3% (рис. 5.8).

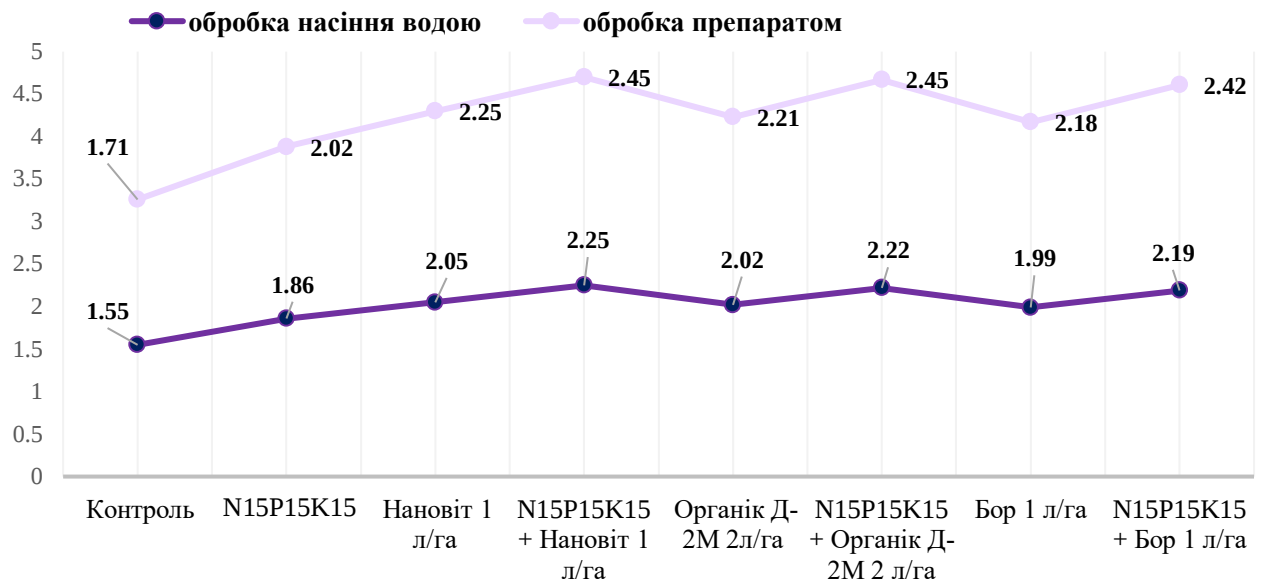


Рис. 5.7. Вплив досліджуваних факторів на врожайність зерна гороху (середнє за 2021-2023 рр.), т/га [39, 40, 41, 45]

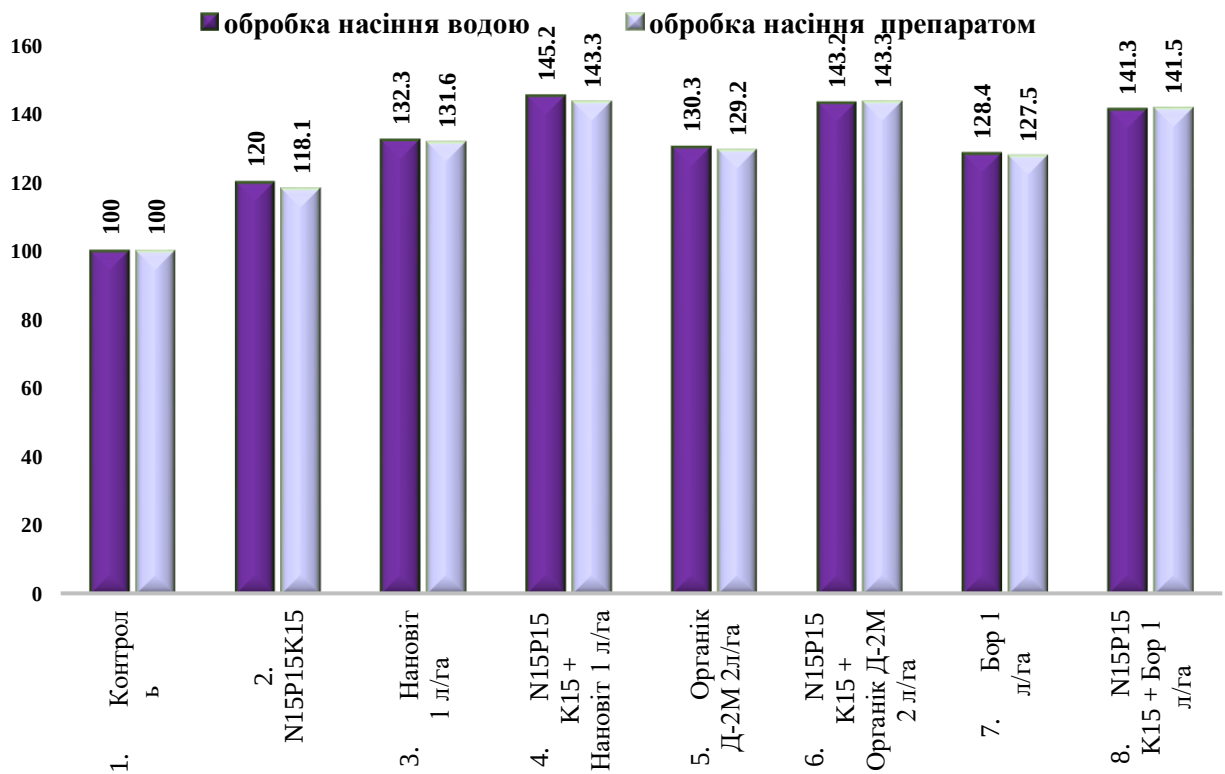


Рис. 5.8. Вплив досліджуваних факторів на прирости врожаю зерна гороху (середнє за 2021-2023 рр.), % до контролю [41]

Проведеними дослідженнями встановлено, що в умовах Південного Степу України застосування для передпосівної обробки насіння препарату Нановітмікро 1 л/т забезпечує формування вищих рівнів урожайності гороху порівняно з обробкою його водою. У середньому за роки досліджень максимальною врожайність зерна гороху 2,45 т/га сформована за поєднання обробки насіння перед сівбою препаратом та застосування для оптимізації живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га, що перевищило показники контролю на 43,3%. Близькі значення отримали за сумісної обробки насіння перед сівбою препаратом та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га.

5.3. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування

У вирощуванні будь-якої сільськогосподарської культури важливо досягати не лише високого рівня врожаю, а і відповідно оптимальних показників якості отриманої продукції. Це необхідно для всіх видів культур, а для гороху посівного тим більше. Адже зерно цієї цінної бобової рослини використовують для харчування людей, як таке, що вирізняється високим вмістом білка та цінним амінокислотами. Про необхідність вирощування культур з відповідно високими показниками якості достатньо висвітлено в літературі [191, 248, 272]. У більшості випадків, як правило, підвищення врожаю корелює досить тісно з покращенням його якості. Проте у випадку з вирощуванням гороху не завжди вдається виявити тісну залежність між рівнем урожайності та білковості зерна, для цього необхідно добирати високобілкові сорти з одночасно високим потенціалом урожаю зерна [300]. Стосовно впливу якості зерна гороху залежно від сорту повідомляють ряд дослідників [11, 57]. Зокрема у дослідженнях Л. В. Король [125] уміст білка в зерні гороху за варіантами змінювався у розрізі сортів та коливався у сорту Улюбленець у межах 23,48-24,29, а у сорту Юлій – 23,40-24,45%. Аналогічні дані щодо сортових особливостей та якості зерна гороху наводить Н. В. Телекало,

провівши дослідження в умовах Лісостепу правобережного – уміст сирого протеїну в зерні гороху сорту Улус визначено на рівні 21,94-24,81%, а сорту Царевич – 23,13-25,44 % [214].

Провівши дослідження у зоні Лівобережного Лісостепу України, В. В. Гангур повідомляє про залежність якості зерна гороху від попередньої культури, після якої горох розміщували [61]. Автор зазначає про коливання вмісту сирого протеїну в зерні залежно від попередника у межах від 21,5 до 22,9 % у роки досліджень. З цього приводу є й інші цікаві дослідження, проведені у сівозмінах Степу [133] та в інших країнах світу [289].

Зазначене вище пересвідчує важливість питання щодо впливу різних елементів технології на основні показники якості зерна гороху посівного. Ми вирішили дослідити це питання за впливу передпосівної обробки насіння, внесення помірної дози мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення посіву рослин гороху на початку бутонізації.

За результатами наших досліджень визначено, що вміст білка у зерні гороху посівного сорту Мадонна змінювався. Відбувалося це за впливу як прийнятних на дослідження елементів технології, так і кліматичних умов років вирощування культури. Встановлено, що передпосівна обробка насіння Нановіт Мікро порівняно з обробкою його водою, призводила до збільшення вмісту білка у зерні гороху (табл. 5.4). Сприяла цьому і запроваджена у досліді оптимізація живлення рослин, а саме: внесення під передпосівну культивуацію помірної дози комплексного мінерального добрива та обробка посіву рослин гороху досліджуваними препаратами і бором. Уміст білка дещо збільшувався за проведення позакореневого підживлення на початку бутонізації у варіантах поєднання цього заходу з фоном внесення NPK.

Як свідчать результати, наведені в таблиці 5.4, аналогічну залежність простежували в усі роки вирощування. Це ілюструє і рис. 5.9, де можемо чітко бачити значення оптимізації живлення та поєднання факторів, які взято на дослідження. Максимальним вміст білка у середньому за 2021 - 2023 рр. вирощування виявився за сумісної дії обробки насіння Нановіт Мікро і

проведення підживлень по фоні передпосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$, де визначено 22,5% білка.

Таблиця 5.4

Вміст білка у зерні гороху за впливу досліджуваних факторів та років вирощування, % [42]

Фон живлення (фактор В)	2021 р.		2022 р.		2023 р.	
	1	2	1	2	1	2
Контроль	20,5	20,6	21,6	21,9	21,8	22,2
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	20,9	21,1	22,0	22,4	22,4	22,8
Нановіт Мікро 1 л/га	20,9	21,1	21,9	22,2	22,2	22,5
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	21,2	21,4	22,4	22,8	22,8	23,1
Органік Д-2М 2л/га	20,8	21,0	22,0	22,1	22,1	22,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	21,1	21,2	22,3	22,6	22,7	23,0
Бор 1 л/га	20,9	21,2	22,1	22,5	22,4	22,7
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	21,3	21,5	22,8	23,2	23,0	23,4
НІР 05	А	0,3	0,2		0,3	
	В	0,5	0,4		0,5	
	АВ	0,6	0,6		0,7	

Примітки: 1 – за обробки насіння водою,
2 – за обробки насіння Нановіт Мікро

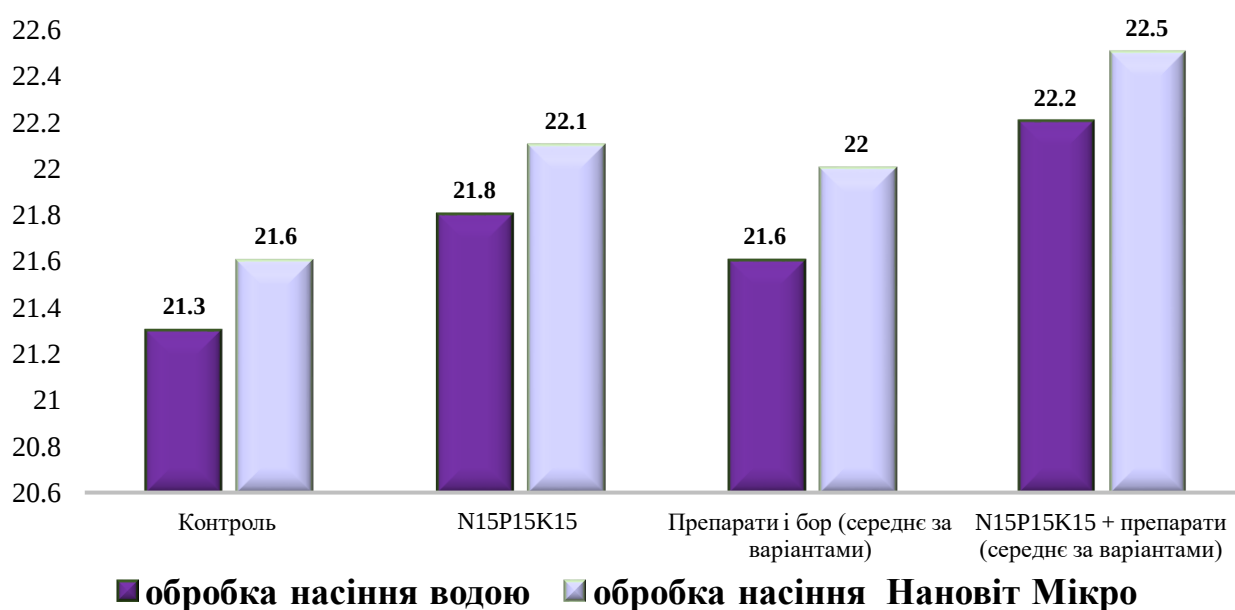


Рис. 5.9. Вплив досліджуваних факторів на вміст білка у зерні гороху
(середнє за 2021-2023 рр.), % [42]

За цих заходів, але з проведенням обробки насіння перед сівбою водою, вміст білка склав 22,2%, або ж був на 0,3% меншим. В абсолютному контролі за обробки насіння водою і без впровадження факторів оптимізації живлення білка в зерні гороху в середньому за роки досліджень містилося 21,3%. Стосовно найбільш оптимального поєднання факторів це відповідно на 1,2% менше.

Між рівнями врожаю зерна та вмістом білка залежно від досліджуваних факторів та років досліджень визначено кореляційну залежність (рис.5.10). За значенням та шкалою Чеддока вона показує значний, сильний та дуже сильний зв'язок $R^2 = 0,6745-0,835$.

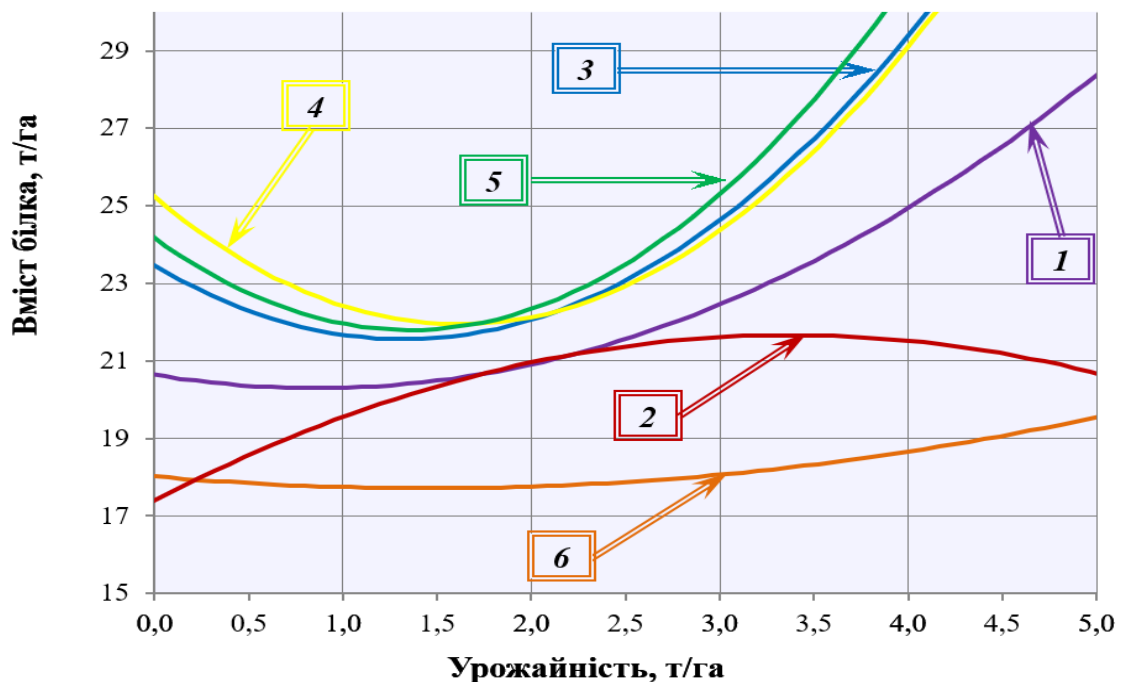


Рис. 5.10. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного та вмістом білка за впливу досліджуваних факторів та років досліджень:

1. за обробки насіння водою (2021 р.): $y = 0,471x^2 - 0,8087x + 20,644$; $R^2 = 0,835$
2. за обробки насіння Нановіт Мікро (2021 р.): $y = -0,3741x^2 + 2,5264x + 17,401$; $R^2 = 0,7906$
3. за обробки насіння водою (2022 р.): $y = 1,0903x^2 - 2,8834x + 23,468$; $R^2 = 0,6867$
4. за обробки насіння Нановіт Мікро (2022 р.): $y = 1,2588x^2 - 4,0667x + 25,23$; $R^2 = 0,5998$
5. за обробки насіння водою (2023 р.): $y = 1,2921x^2 - 3,5011x + 24,172$; $R^2 = 0,7252$
6. за обробки насіння Нановіт Мікро (2023 р.): $y = 0,9193x^2 - 2,6682x + 24,141$; $R^2 = 0,6745$

Слід також зазначити, що на вмісті білка в зерні гороху посівного істотно позначалися погодно-кліматичні умови років вирощування (рис. 5.11). Так, найменше білка накопичено в зерні за проведення досліджень у найбільш сприятливому за кількістю опадів 2021 році. На нашу думку, це обумовлено достатнім запасом вологи в ґрунті на період дозрівання зерна. Вегетація у цьому році була тривалішою, порівняно з наступними роками досліджень. Мікробіологічні процеси у тому числі і фіксація біологічного азоту на період завершення дозрівання були по суті призупинені, що пов'язано із певним ущільненням верхніх шарів ґрунту.

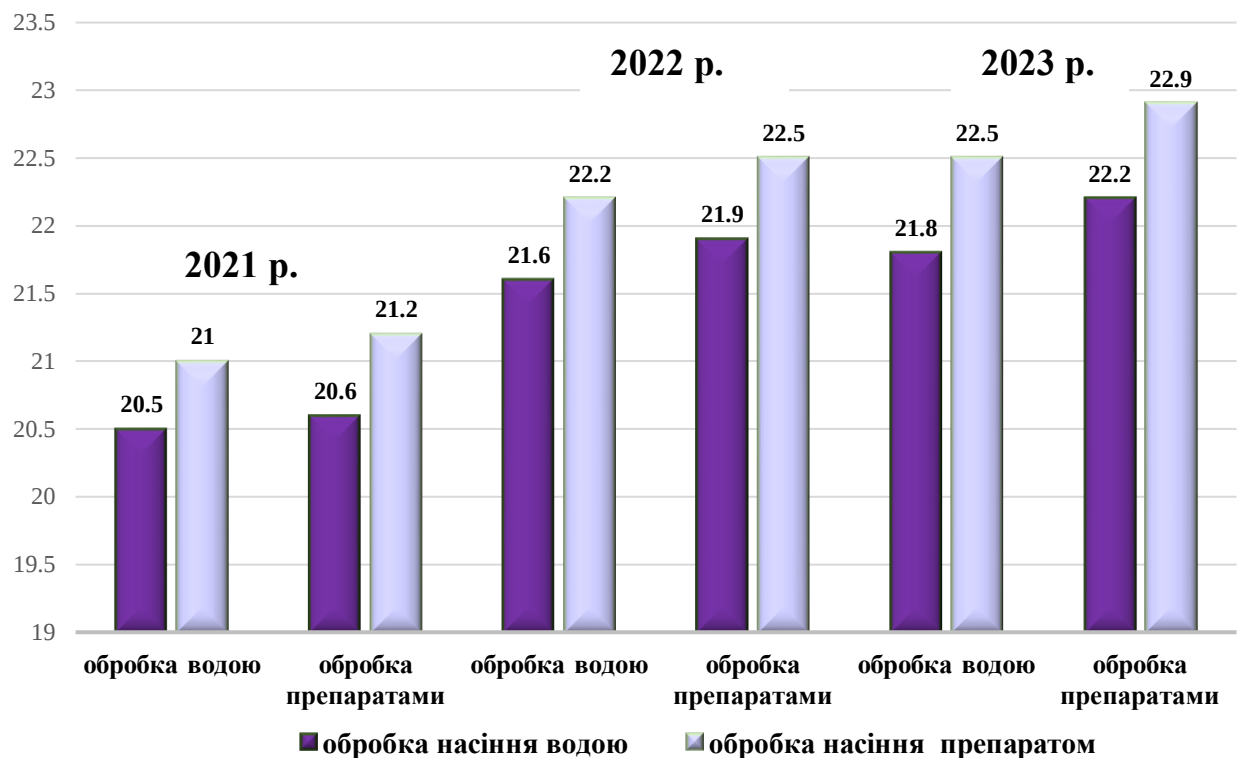


Рис. 5.11. Вплив досліджуваних факторів та років вирощування на вміст білка в зерні гороху, % [42]

Звісно ж за таких умов живлення рослин відбувається з певними труднощами, сполуки азоту в зерно поступають слабо і в недостатній кількості.

Дещо більше білка в зерні рослин гороху накопичилося у наступному 2022 році, а найбільше – у 2023 р., у якому умови дозрівання бобів склалися найбільш оптимально.

Про певні відмінності у формуванні не лише рівнів урожаю зерна гороху, а і основних показників його якості у своїх дослідженнях стосовно впливу кліматичних умов та елементів технології повідомляють автори за вирощування гороху посівного в різних ґрунтово-кліматичних зонах України та світу [64, 75, 109, 273]. Окремі дослідники – В. Іщенко із співавторами [105] також спостерігали різницю в рівнях урожайності і якості зерна гороху і зазначають, що вирішальна роль належить системі живлення шляхом удобрення цієї культури, а також кліматичним умовам. Щодо значення елементів інтенсифікації технологій у вирощуванні гороху в умовах Північного Лісостепу України для збільшення врожаю і покращення якості зерна повідомляють [113], на це вказують і інші дослідники України і зарубіжжя [277, 278, 299].

Все зазначене пересвідчує, що відмінності стосовно якості зерна гороху, зокрема вмісту в ньому білка за нашими дослідженнями, мають обґрунтування та узгоджуються з результатами багатьох авторів.

Окрім вмісту білка в зерні гороху ми визначали ще масу 1000 зерен, яку також відносять до ознак якості. Значення цього показника та його зміни і коливання за впливу досліджуваних факторів наведено у підрозділі структури врожаю.

Разом з тим важливо знати, яким же може бути умовний вихід чи збір білка з одиниці площі. Цей показник є розрахунковим, він залежить як від урожайності зерна, так і вмісту в ньому білка. Ми визначили цей показник, дані наведено в табл. 5.5.

Наведені дані свідчать, що за обробки насіння перед сівбою та проведення заходів з ощадливої оптимізації живлення рослин гороху посівного, умовний вихід білка з 1 гектару посіву збільшувався. Це важливо у вирощуванні бобових рослин, адже горох може бути використаний безпосередньо для їжі, він є цінним для приготування високоякісних консервів, концентратів для супів тощо. Відходи, які залишаються після очистки і сортування зерна гороху, використовують для виготовлення цінних

комбікормів, концентратів, кормових сумішей і доповнювачів до раціону тварин [274].

Таблиця 5.5

Вплив досліджуваних факторів на умовний вихід (збір) білка з урожаєм гороху (середнє за 2021-2023 рр.), т/га [42]

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)			
	Вміст білка		Умовний збір білка	
	обробка водою	обробка Нановіт Мікро	обробка водою	обробка Нановіт Мікро
Контроль	21,3	21,6	0,33	0,37
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	21,8	22,1	0,41	0,45
Нановіт Мікро 1 л/га	21,7	21,9	0,44	0,49
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро 1л/га	22,1	22,4	0,50	0,55
Органік Д-2М 2л/га	21,6	21,9	0,44	0,48
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М 2 л/га	22,0	22,3	0,49	0,55
Бор 1 л/га	21,6	22,1	0,43	0,48
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор 1 л/га	22,4	22,7	0,49	0,55

Чим більше в зерні гороху міститься білка, тим кориснішим воно буде як для харчування людей, так і згодовування тваринам. Звісно ж у цьому важливо отримати і більший умовний збір (вихід) білка з одиниці площі [42].

Ми встановили значний зв'язок між урожайністю гороху посівного та вмістом білка: $R^2 = 0,6752-0,6963$ (рис. 5.12)

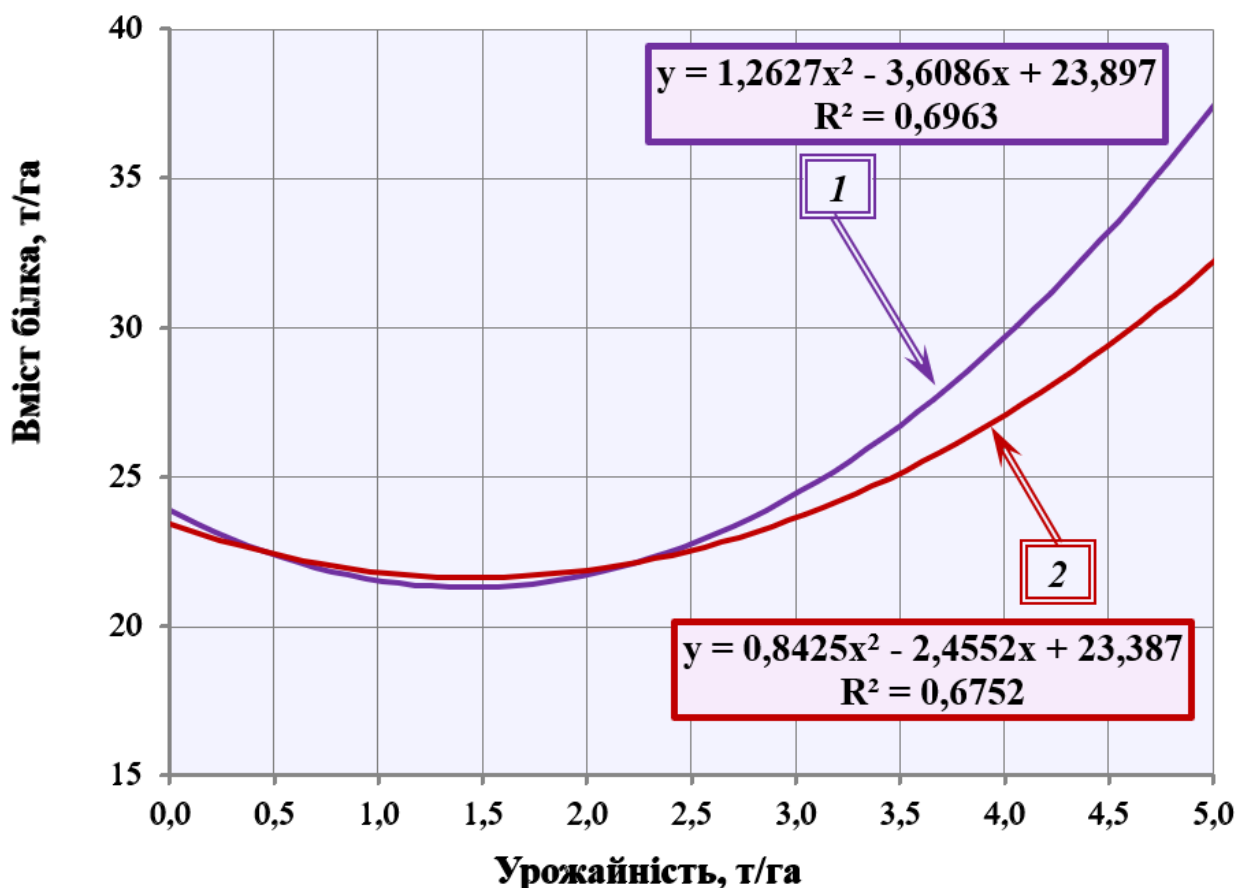


Рис. 5.12. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного та вмістом в ньому білка за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.)

1. за обробки насіння водою: $y = 1,2627x^2 - 3,6086x + 23,897$; $R^2 = 0,6963$
2. за обробки насіння Нановіт Мікро: $y = 0,8425x^2 - 2,4552x + 23,387$; $R^2 = 0,6752$

Між урожайністю гороху посівного та умовним збором білка встановлено дуже сильний кореляційний зв'язок: $R^2 = 0,9906-0,9914$ (рис. 5.13).

Таким чином, обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ і проведення позакореневих підживлень Нановіт Мікро, Органік Д-2М та бором, як окремо й особливо за поєднання заходів, сприяє збільшенню вмісту білка у зерні гороху та його умовного виходу (збору) з одиниці площі посіву. Це виключно важливо для цієї культури.

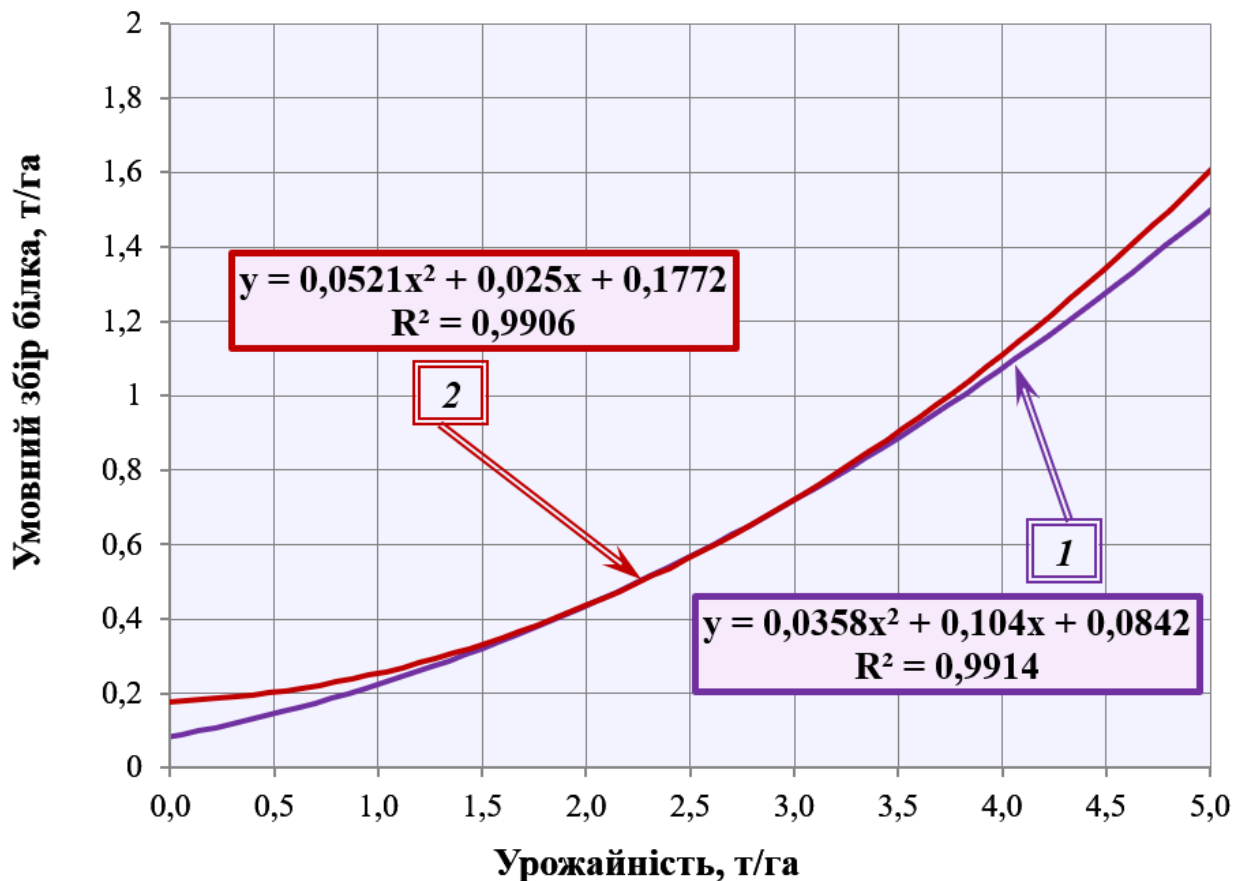


Рис. 5.13. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного та умовним збором білка за впливу досліджуваних факторів (середнє за 2021-2023 рр.)

1 за обробки насіння водою: $y = 0,0358x^2 + 0,104x + 0,0842$; $R^2 = 0,9914$
 2 за обробки насіння Нановіт Мікро: $y = 0,0521x^2 + 0,025x + 0,1772$; $R^2 = 0,9906$

Так, якщо у середньому за всі роки досліджень вміст білка у зерні гороху, що вирощували у контролі, склав 21,3%, то в найбільш оптимальних варіантах досліді він збільшився до 22,3-22,7%. Аналогічно змінювався і умовний збір білка з 1 га посіву від 0,33 т/га до 0,55.

Висновки до розділу 5:

1. Досліджувані фактори з оптимізації живлення й обробки насіння та особливо за їх поєднання позитивно впливали на кількість бобів на рослині гороху. Так, якщо у контролі за обробки насіння перед сівбою водою їх кількість у середньому за три роки вирощування склала 4,3 шт, то в найбільш

оптимальному варіанті досліду вона збільшилась до 4,7-4,8 шт/рослину. При цьому слід зазначити, що найменше бобів на рослинах гороху впродовж наших досліджень утворилося у найбільш посушливому 2022 році вирощування: у межах 2,58-3,13 штук.

За поєднання досліджуваних елементів, збільшувались й такі важливі складові структури врожаю, як кількість зерен у бобі і на 1 рослині гороху посівного. Якщо у контролі за обробки насіннєвого матеріалу водою кількість зерен у бобові в середньому за роки досліджень склала 5,8 шт, то за поєднання факторів оптимізації живлення вона зростала до 6,4-6,5 штук. Аналогічно у зазначених варіантах змінювалась і кількість зерен на 1 рослину: 25,1 шт у контролі та до 30,7-31,2 шт відповідно у кращих варіантах досліду. Відповідно зростала і маса зерна з 1 рослини гороху посівного та маса 1000 зерен.

Між досліджуваними показниками та урівнями врожайності зерна визначено тісні кореляційно-регресійні залежності.

2. Фактор оптимізації живлення також істотно впливав на величину врожаю зерна гороху. Максимальним його в середньому за 3 роки отримали у варіантах внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га незалежно від обробки насіння препаратом перед сівбою. За обробки водою та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га середня врожайність зерна гороху склала 2,25 т/га, за обробки препаратом перед сівбою – 2,45 т/га. При внесенні $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га ці показники відповідно склали 2,22 та 2,45 т/га. Так, обробка насіння перед сівбою препаратом забезпечила врожайність зерна гороху на рівні 1,42-1,95 т/га, що більше за контроль на 10,1-10,9 %. Передпосівна обробка насіння в середньому за роки досліджень сприяла формуванню врожайності на рівні 1,71-2,45 т/га, що перевищило контроль до 43,3%.

У середньому за роки досліджень максимальною врожайність зерна гороху 2,45 т/га сформована за поєднання обробки насіння перед сівбою препаратом та застосування для оптимізації живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га, що перевищило показники контролю на 43,3%. Близькі значення

отримали за сумісної обробки насіння перед сівбою препаратом та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га.

3. Максимальним вміст білка у зерні гороху у середньому за 2021 - 2023 рр. вирощування 22,5% виявився за сумісної дії обробки насіння Нановітом і проведення підживлень по фоні передпосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$. За цих заходів, але з проведенням обробки насіння перед сівбою водою, вміст білка склав 22,2%, або ж був на 0,3% меншим. В абсолютному контролі за обробки насіння водою і без впровадження факторів оптимізації живлення білка в зерні гороху в середньому за роки досліджень містилося 21,3%. Стосовно найбільш оптимального поєднання факторів це відповідно на 1,2% менше.

Між рівнями врожаю зерна та вмістом білка залежно від досліджуваних факторів та років досліджень визначено кореляційну залежність. За значенням та шкалою Чеддока вона показує значний, сильний та дуже сильний зв'язок $R^2 = 0,6745-0,835$.

На вмісті білка в зерні гороху посівного істотно позначалися погодно-кліматичні умови років вирощування. Найменше його накопичено в зерні за проведення досліджень у найбільш сприятливому за кількістю опадів 2021 р.

За обробки насіння перед сівбою та проведення заходів з ощадливої оптимізації живлення рослин гороху посівного, умовний вихід білка з 1 гектару посіву збільшувався. Встановлено значний зв'язок між урожайністю гороху посівного та вмістом білка: $R^2 = 0,6752-0,6963$.

Між урожайністю гороху посівного та умовним збором білка встановлено дуже сильний кореляційний зв'язок: $R^2 = 0,9906-0,9914$.

Публікації за розділом 5:

1. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах

Південного Степу України. Аграрні інновації, №23. 2024. С. 228–233. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33> [41].

2. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*, №26. 2024. С. 15-21. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.2> [42].

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ

Горох є однією з найстаріших культурних рослин, яку вирощує людство протягом тисячоліть. Він відноситься до бобових культур і має значний економічний потенціал. Ми визначали економічну ефективність при вирощуванні гороху, звернувши увагу на його виробництво, споживання та перспективи розвитку.

Вирощування гороху є важливою галуззю сільського господарства, оскільки ця культура має велике значення для харчової промисловості та використовується як корм для тварин. Горох вирощують як на промислових фермах, так і у дрібних господарствах.

Горох є високоврожайною культурою з коротким вегетаційним періодом, що дозволяє отримувати прибуток. Крім того, вирощування гороху має такі економічні переваги:

- Низькі витрати на вирощування: горох не вимагає складних агротехнічних заходів і дорогих добрив, що дозволяє знизити витрати коштів на його вирощування.

- Висока рентабельність: горох має високу продуктивність, що дозволяє отримати значний прибуток від його вирощування.

- Розширення ринку збуту: горох є популярним продуктом на ринку харчових продуктів, а також використовується у виробництві кормів для тварин. Це дає можливість збільшити обсяги продажів і розширити ринок збуту.

Вирощування гороху має значний потенціал для подальшого розвитку. Основні напрямки розвитку включають:

- Впровадження нових сортів: розробка нових сортів гороху з вищою продуктивністю та стійкістю до шкідників та хвороб дозволить підвищити врожайність і ефективність вирощування.

- Використання нових технологій: впровадження сучасних технологій вирощування, таких як оптимізація удобрення та захист рослин, дозволить покращити якість і кількість вирощеного гороху.

- Розширення ринку збуту: пошук нових ринків збуту та розвиток нових продуктів на основі гороху, таких як консерви, крупи та м'ясні заміники, може сприяти збільшенню попиту на цю культуру.

Економічна ефективність за вирощування гороху є важливим аспектом сільськогосподарського виробництва. Вирощування гороху супроводжується незначними витратами, високою рентабельністю та можливістю розширення ринку збуту. Перспективи розвитку включають впровадження нових сортів та технологій. Загалом, вирощування гороху є економічно ефективним і перспективним напрямком розвитку сільського господарства [7, 124, 139, 213].

Вирощування гороху вимагає певних витрат, які включають:

- Витрати на насіння: при вирощуванні гороху необхідно придбати насіння, яке може бути досить вартісним, особливо якщо обрані нові сорти з високою продуктивністю та стійкістю до хвороб.

- Витрати на добрива: горох потребує певного рівня живлення, добре на нього реагує, тому витрати на добрива можуть істотно різнитись. Однак, порівняно з іншими культурами, горох вимагає менше добрив, оскільки він здатен фіксувати атмосферний азот шляхом симбіотичної фіксації.

- Витрати на захист рослин: горох може бути схильним до хвороб та шкідників, тому необхідно витрачати кошти на захист рослин.

Рентабельність вирощування гороху є важливим аспектом сільського господарства. Витрати на вирощування гороху включають витрати на насіння, добрива та захист рослин. Прибутки можуть бути отримані з продажу врожаю зерна або використання гороху як корму для тварин. Вони були б значно вищими, якби можливо було б врахувати вплив цієї культури на основні

показники родючості ґрунту, зокрема на забезпеченість його цінною органічною речовиною та безкоштовним біологічним азотом. Рентабельність залежить від факторів, таких як урожайність, ціна на ринку та витрати на вирощування культури. Загалом, вирощування гороху може бути рентабельним, особливо за ефективного управління витратами і оптимального використання ресурсів.

Горох належить до основних с.-г. культур, яку вирощують в різних ґрунтово-кліматичних зонах України та за кордоном, завдяки його високій прибутковості та попиту на внутрішньому та міжнародному ринках. Для забезпечення високої врожайності та економічної ефективності виробництва культури необхідно використовувати сорти, які адаптовані до кліматичних умов регіону, стійкі до негативного впливу природних факторів (дефіцит вологи, високі температури та низька вологість повітря, вплив шкідливих комах, збудників хвороб рослин, бур'янів тощо). Також важливо застосовувати сучасні агротехнології, включаючи застосування науково обґрунтованих систем удобрення у взаємодії з обробітком ґрунту, захисту рослин, оптимізацією норм висіву, строків сівби, збирання врожаю тощо [113, 185, 281, 304].

Оцінка економічної ефективності вирощування гороху може бути проведена на основі встановлення продуктивності для кожного конкретного сорту залежно від факторів і варіантів, розрахунку вартості складових елементів виробництва, всебічної оцінки врожаю, його ринкової вартості на період збуту, а також інших показників рослинницької галузі, що впливають на економіку сільського господарства загалом. Слід зазначити, що кожні господарсько-економічні умови мають свої неповторні особливості та умови, тому для отримання фактичних даних необхідно визначити витрати, які в подальшому порівнюють із показниками вартості валової продукції, встановлюють такі найважливіші показники, як собівартість 1 т зерна, умовний чистий прибуток та рентабельність [120, 260, 282, 298].

В умовах ринкової економіки отримання максимального прибутку та рентабельності у технологічному процесі вирощування усіх сільськогосподарських культур, у тому числі й гороху, є найважливішим показником ефективності рослинницької галузі. Виробництво зерна забезпечує високий рівень економічної ефективності, проте лише за умови розробки та впровадження сортової агротехніки, що враховує генетичні особливості сортів, а також встановлює їх реакцію на окремі елементи технології вирощування, наприклад, на зміну фону мінерального живлення. Однак, за недотримання технології вирощування гороху можливе різке зниження продуктивності і, як результат, значне зниження економічних показників. Для підвищення економічної ефективності вирощування гороху слід приділити увагу всім агротехнологічним аспектам, що мають вплив на врожайність, якість продукції і, як результат, на економічну ефективність зерновиробництва в цілому [26, 130, 162].

6.1. Економічний аналіз досліджуваних елементів технології вирощування гороху посівного сорту Мадонна

Підвищення економічної ефективності технології вирощування гороху посівного є можливим за умови оптимізації системи землеробства. Так, за адаптивної системи землеробства можливо максимальне використання природних і агротехнічних ресурсів з мінімізацією ризиків з врахуванням агрохімічних та інших конкретних умов кожного поля. Так, включення гороху в сівозміну з іншими сільськогосподарськими культурами, наприклад, пшеницею, ячменем, кукурудзою, дозволяє знизити ризик поширення хвороб та шкідників, покращити структуру ґрунту та підвищити його родючість [60, 131].

Сівба гороху після озимих культур забезпечує його кращу посухостійкість та мінімізує втрати врожаю. Оптимальна густота стояння

рослин дозволяє ефективно використовувати простір поля та ресурси. Підготовка ґрунту з врахуванням його типу та стану (розпушування, боронування та інші заходи) підвищує доступність поживних речовин для рослин. Збалансоване й нормоване підживлення азотом, фосфором, калієм, а також мікроелементами забезпечує оптимальний ріст та розвиток рослин. Застосування різних методів боротьби з бур'янами мінімізує конкуренцію за поживні речовини та вологу.

Застосування інтегрованого підходу до захисту рослин дозволить запобігти втраті врожаю та знизити витрати на хімічні препарати. Використання біологічних препаратів дозволяє зменшити хімічне навантаження на ґрунт та покращити екологічний стан посівів і довкілля вцілому. Всі ці агрозаходи мають як загальне агротехнічне, так і економічне спрямування [25, 88].

Розрахунки економічної ефективності всіх досліджуваних факторів і варіантів технології вирощування гороху проведені за біржовими цінами на отриману продукцію (зерно гороху – 9300 грн/т) та вартості всіх видів ресурсів та технологічних компонентів, які сформувалися на початок 2024 року.

Економічними розрахунками обґрунтовано, що максимальна вартість валової продукції 22,8 тис. грн/га сформувалася у варіантах із внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М (табл. 6.1).

Цей показник перевищив абсолютний контроль (факторів А і В) – на 44,1%, де він склав 14,4 тис. грн/га.

Обробка насіння перед сівбою препаратом Нановіт Мікро, в середньому по фактору А, забезпечила зростання вартості валової продукції від 18,8 до 20,6 тис. грн/га, або на 9,6%.

Стосовно фактору В проявилась тенденція збільшення цього економічного показника у варіантах з сумісним застосуванням мінеральних добрив з біопрепаратами та мікроелементами – це четвертий, шостий і восьмий варіанти, у яких вартість валової продукції перевищувала 21 тис. грн/га. Максимальне середньофакторіальне значення – на рівні 21,9 тис. грн/га

визначено у варіанті із застосуванням $N_{15}P_{15}K_{15}$ та Нановіт, що на 44,1% перевищило мінімальний показник – 15,2 тис. грн/га, що сформувався у неудобреному контролі.

Таблиця 6.1

**Вартість валової продукції за вирощування гороху залежно від
передпосівної обробки насіння та фону живлення
(середнє за 2021-2023 рр.), тис. грн/га**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановітом	Середнє по фактору В
Контроль	14,4	15,9	15,2
$N_{15}P_{15}K_{15}$	17,3	18,8	18,0
Нановіт Мікро, 1 л/га	19,1	20,9	20,0
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро, 1 л/га	20,9	22,8	21,9
Органік Д-2М, 2 л/га	18,8	20,6	19,7
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М, 2 л/га	20,6	22,8	21,7
Бор, 1 л/га	18,5	20,3	19,4
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор, 1 л/га	20,4	22,5	21,4
Середнє по фактору А	18,8	20,6	19,7

На відміну від вартості валової продукції досліджуваних елементів технології вирощування гороху, виробничі витрати меншою мірою змінювалися за досліджуваними варіантами, проте ця різниця між варіантами польового досліду була суттєвою і коливалася в діапазоні від 5,2 до 23,3% (табл. 6.2).

З обробки насіння Нановіт Мікро у четвертому варіанті ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт) спостерігали зростання цього показника до 9,0 тис. грн/га. Мінімальні виробничі витрати (7,3 тис. грн/га) визначені у контрольних варіантах обох досліджуваних факторів.

У середньому за фактором А, відбулося зростання виробничих витрат із 7,9 тис. грн/га (контроль) до 8,5 тис. грн/га (обробка насіння гороху перед сівбою препаратом Нановіт Мікро), або на 7,6%.

Таблиця 6.2

**Виробничі витрати досліджуваних елементів технології
виращування гороху (середнє за 2021-2023 рр.), тис. грн./га**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановіт Мікро	Середнє по фактору В
Контроль	7,3	7,9	7,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	8,0	8,6	8,3
Нановіт Мікро, 1 л/га	7,7	8,3	8,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	8,4	9,0	8,7
Органік Д-2М, 2 л/га	7,8	8,4	8,1
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	8,3	8,9	8,6
Бор, 1 л/га	7,9	8,5	8,2
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	8,0	8,6	8,3
Середнє по фактору А	7,9	8,5	8,2

По другому фактору (фон живлення) мінімальним даний економічний показник сформувався на рівні 7,6 тис. грн/га. В удобрених варіантах відбулося його зростання до 8,0-8,7 тис. грн/га, або на 5,3-14,5%.

Щодо собівартості 1 т зерна гороху, то незалежно від впливу фактору А визначено тенденцію зростання цього показника у контролі та за внесення мінерального добрива (N₁₅P₁₅K₁₅) до 4,27-4,71 тис. грн (табл. 6.3).

Мінімальною собівартістю на рівні 3,56 тис. грн/т визначена за обробки насіння препаратом Нановіт Мікро та по фону N₁₅P₁₅K₁₅ + Бор, що було менше на 19,9-32,3% від максимальної величини собівартості першого і другого варіантів фактору В.

За першим досліджуваним фактором (А) середні значення собівартості знаходились практично на одному рівні – 3,96 і 3,89 тис. грн/т, відповідно,

тобто з різницею в 1,7%, що пояснюється низькими витратами на обробку насіння перед сівбою препаратом Нановіт Мікро.

По фону живлення (фактор В) визначено зростання собівартості у варіанті з внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$, у середньому, до 4,29 тис. грн/га, а також у контролі – до 4,66 тис. грн/т. Фон живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор (восьмий варіант фактору В) сприяв зниженню цього показника до 3,61 тис. грн/т, або на 18,8-29,1%.

Таблиця 6.3

Собівартість вирощування 1 т гороху залежно за впливу досліджуваних елементів технології (середнє за 2021-2023 рр.), тис. грн

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка препаратом Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	4,71	4,62	4,66
$N_{15}P_{15}K_{15}$	4,31	4,27	4,29
Нановіт Мікро, 1 л/га	3,75	3,68	3,71
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро, 1 л/га	3,74	3,68	3,71
Органік Д-2М, 2 л/га	3,85	3,79	3,82
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М, 2 л/га	3,73	3,62	3,67
Бор, 1 л/га	3,96	3,89	3,92
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор, 1 л/га	3,66	3,56	3,61
Середнє по фактору А	3,96	3,89	3,93

Умовний чистий прибуток, який відноситься до найважливіших економічних показників ефективності виробництва гороху та інших сільськогосподарських культур, максимальної величини – 13,9 тис. грн/га сягнув у варіантах із обробкою насіння Нановіт Мікро по фонах застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор (табл. 6.4). У контрольних

варіантах досліджуваних факторів цей показник зменшився в рази – до 7,1 тис. грн/га.

Доцільність обробки насіння перед сівбою препаратом Нановіт Мікро доведена за порівняння з обробкою насіння водою. У середньому по першому фактору за обробки насіння Нановіт Мікро умовний чистий прибуток підвищився, в середньому, до 12,0 тис. грн. У контрольному варіанті він зменшився до 10,8 тис. грн/га, або на 11,1%.

Таблиця 6.4

**Умовний чистий прибуток за вирощування гороху залежно від обробки
насіння перед сівбою та фону живлення
(середнє за 2021-2023 рр.), тис. грн/га**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка препаратом Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	7,1	8,0	7,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	9,3	10,2	9,7
Нановіт Мікро, 1 л/га	11,4	12,6	12,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	12,5	13,8	13,1
Органік Д-2М, 2 л/га	11,0	12,2	11,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	12,4	13,9	13,1
Бор, 1 л/га	10,6	11,8	11,2
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	12,3	13,9	13,1
Середнє по фактору А	10,8	12,0	11,4

За фоном живлення (фактор В) визначено найвищі показники умовного чистого прибутку, в середньому, на рівні 13,1 тис. грн/га у четвертому (N₁₅P₁₅K₁₅ + Нановіт Мікро), шостому (N₁₅P₁₅K₁₅ + Органік Д-2М) та восьмому (N₁₅P₁₅K₁₅ + Бор) варіантах. Така величина в 1,7 рази перевищувала неудобрений контроль, у якому прибуток становив 7,6 тис. грн/га. Рівень рентабельності підвищився до 161,1% у варіанті з обробкою насіння

препаратом Нановіт Мікро та застосування фону живлення за схемою $N_{15}P_{15}K_{15}$ та Бор (табл. 6.5). У контролі факторів А і В визначено зниження цього показника до 97,5%, або в 1,7 рази.

У середньому за фактором А (обробка насіння перед сівбою) найбільша величина рентабельності виробництва гороху на рівні 140,9% сформувалась за використання препарату Нановіт Мікро, а у контролі за обробки його водою цей показник зменшився до 136,2%, або на 4,7 відсоткових пунктів.

Таблиця 6.5

Рівень рентабельності досліджуваних елементів технології у вирощуванні гороху посівного (середнє за 2021-2023 рр.) , %

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка препаратом	Середнє по фактору В
Контроль	97,5	101,3	99,4
$N_{15}P_{15}K_{15}$	115,7	117,9	116,8
Нановіт Мікро, 1 л/га	148,2	152,7	150,5
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро, 1 л/га	148,5	152,6	150,6
Органік Д-2М, 2 л/га	141,5	145,3	143,4
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М, 2 л/га	149,6	156,9	153,3
Бор, 1 л/га	134,9	139,1	137,0
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор, 1 л/га	154,0	161,1	157,5
Середнє по фактору А	136,2	140,9	138,5

У варіанті з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ та мікроелементу Бор відзначено зростання рентабельності до максимального середньофакторіального рівня – 157,9%, що було більше за контроль фактору В на 58,1 відсоткових пунктів. Також цей показник мав високі (понад 150%) значення на третьому, четвертому та шостому варіантах фонів живлення.

6.2. Окупність складових оптимізації живлення гороху приростом урожаю зерна за вирощування в умовах Південного Степу України

За використання певних підходів до оптимізації живлення сільськогосподарських рослин з використанням добрив, мікроелементів, біопрепаратів чи рістрегулюючих речовин важливо досліджувати не лише їх вплив на ростові процеси, урожайність і якість вирощеної продукції, а й визначити їх окупність, яка свідчить про доцільність або недоречність їх застосування. Це також певною мірою підтверджує та доповнює економічну ефективність їх впровадження у технологію виробництва цих рослин.

Вирощування будь-яких сільськогосподарських культур з метою формування їх високої врожайності і одночасно якості продукції вимагає забезпечення впродовж усього періоду вегетації усіма факторами життя. За вирощування в умовах Південного Степу України рослини найбільше реагують і потребують задоволення їх потреб у волозі та достатній кількості елементів живлення. В останні роки за зміни кліматичних умов, певного зниження ґрунтової родючості, послаблення забезпеченості ґрунтів на рухомі елементи живлення, органічну речовину, ущільнення, втрату інших важливих складових ознак родючості, сільськогосподарські культури окрім NPK реагують і на мікроелементи [37, 204]. Адже раніше потреби у їх застосуванні не виникало, рослини задовольняли свої потреби практично повністю за рахунок систематичного внесення під декілька культур сівозміни гною й інших органічних речовин [60, 157].

У дослідженні з оптимізації живлення рослин за використання мінеральних добрив, біопрепаратів, мікроелементів тощо важливо визначити їх ефективність незалежно від культури, яку вирощують. Адже кожен із дібраних і включених до елементів технології повинен бути доцільним, забезпечувати приріст урожайності та разом з тим не призводити до істотного збільшення витрат на вирощування.

У наших дослідженнях з горохом посівним ми застосовували ресурсоощадні підходи до живлення цієї культури. Перед сівбою насіння обробляли Нановітом, вносили помірну дозу мінерального добрива ($N_{15}P_{15}K_{15}$) та проводили позакореневе підживлення посіву рослин на початку бутонізації сучасними біопрепаратами і бором. Зазначені елементи позитивно впливали на ріст і розвиток рослин гороху, посилювали ростові процеси, стійкість рослин до перепадів температур, посухи, інших негативних факторів середовища. Це досліджено багатьма авторами за використання сучасних біопрепаратів і мікроелементів при вирощуванні різних сільськогосподарських культур і гороху зокрема [36].

Дослідженнями з горохом посівним, які проведено в умовах ННПЦ МНАУ на чорноземі південному (сорт Мадонна) впродовж 2021-2023 рр., встановлено, що ресурсоощадні підходи до оптимізації живлення культури, а саме – обробка насіння перед сівбою, внесення стартової дози мінерального добрива - $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення біопрепаратами і бором на початку бутонізації, істотно підвищували врожайність зерна. У найбільш оптимальних варіантах дослідів вона зростала з 1,55 у контролі до 2,45 т/га.

Ми визначили окупність усіх складових живлення рослин гороху. Так, мінеральне добриво $N_{15}P_{15}K_{15}$, внесене до сівби, як за обробки насіння водою, так і Нановітом, збільшувало рівні врожайності за обробки водою на 0,31 т/га, тобто окупність 1 кг діючої речовини добрива склала 6,89 кг зерна гороху. Якщо ж врахувати, що за сумісного застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ та обробки насіння Нановітом врожайність склала 2,02 т/га, то до абсолютного контролю (без добрив і обробки насіння водою) приріст зростає на 0,47 т/га, а відповідно збільшиться і їх окупність до 10,44 кг, або в 1,52 рази.

З аналогічною залежністю змінювалась і окупність препаратів та бору (табл. 6.6).

Зазначимо, що за проведення позакореневого підживлення посіву гороху досліджуваними речовинами окремо, окупність дози 1 л/га додатково

отриманим рівнем урожаю зерна за обробки насіння водою була достатньо високою, але меншою від застосування їх по фоні допосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$. За використання Нановіт Мікро ці показники склали 500 та 700 кг/л, Органік Д-2М – 235 і 335 кг/л, а бору – 440 та 640 кг/л. За обробки насіння перед сівбою Нановіт Мікро зазначені показники склали відповідно: 540 і 740; 250 і 270 та 470 і 710 кг зерна/л препарату. Тобто найвищу окупність забезпечувало використання Нановіт Мікро, потім бору і найменше Органік Д-2М, тому що його застосовували у дозі 2 л/га.

Таблиця 6.6

**Окупність біопрепаратів і мікродобрив при вирощуванні гороху
(середнє за 2021-2023 рр.), кг зерна/л [89]**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)							
	Водою				Нановіт Мікро			
	урожай- ність, т/га	приріст, т/га	окупність		урожай- ність, т/га	приріст, т, т/га	окупність	
			1	2			1	2
Контроль	1,55	0,0	0,0	0,0	1,71	0,0	0,0	0,0
$N_{15}P_{15}K_{15}$	1,86	0,31	0,0	0,0	2,02	0,31	0,0	0,0
Нановіт Мікро, 1 л/га	2,05	0,50	500	190	2,25	0,54	540	230
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро, 1 л/га	2,25	0,70	700	390	2,45	0,71	740	430
Органік Д-2М, 2 л/га	2,02	0,47	235	80	2,21	0,50	250	95
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М, 2 л/га	2,22	0,67	335	180	2,45	0,54	270	115
Бор, 1 л/га	1,99	0,44	440	130	2,18	0,47	470	160
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор, 1 л/га	2,19	0,64	640	330	2,42	0,71	710	400

Примітки*): 1 – відносно контролю

2 – відносно фону $N_{15}P_{15}K_{15}$

Досить важливим є той факт, що окупність усіх препаратів, які досліджували у вирощуванні гороху, є достатньо високою навіть відносно внесення під культуру мінерального добрива у помірній дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$.

Визначена залежність зберігається як за передпосівної обробки насіння водою, так і Нановітом.

Результати визначення показників окупності одиниці препаратів наведено в таблиці 6.6. Найвищу окупність забезпечував Нановіт, потім бор і найнижчу Органік Д-2М. По фоні обробки насіння перед сівбою та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ показники окупності визначені вищими порівняно з обробкою насіння водою та без добрив. Також дані визначення окупності препаратів переконливо підтверджують рис. 6.1 і 6.2. На них чітко можна відстежити ефективність усіх прийнятих на використання у досліді препаратів і бору.

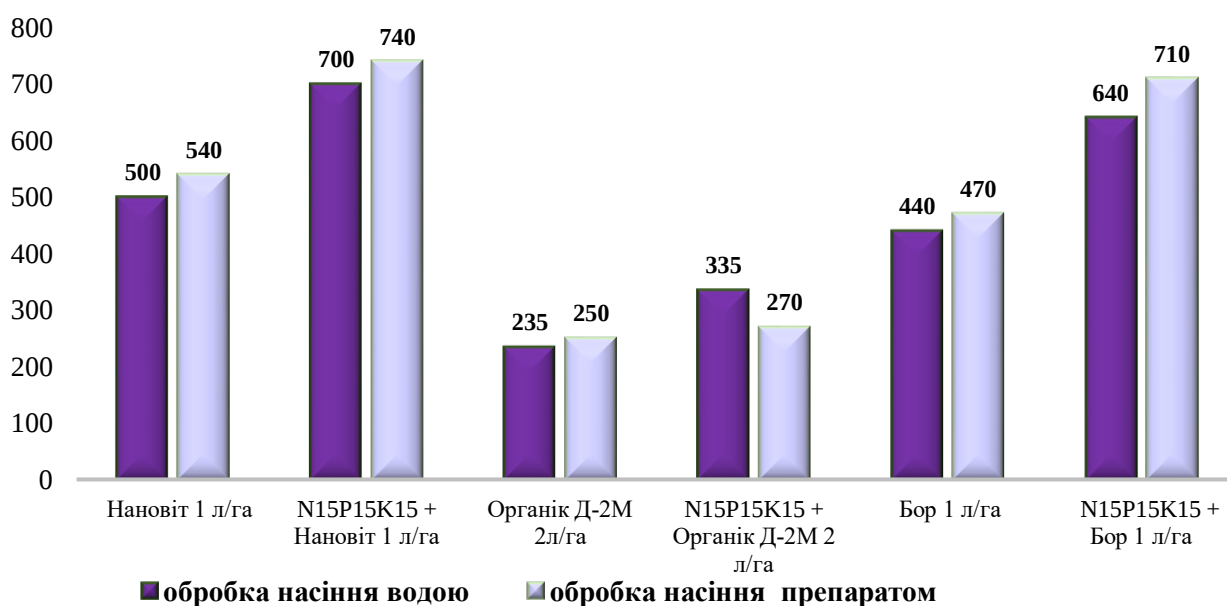


Рис. 6.1. Окупність 1 л біопрепарату (мікроелементу) приростом урожаю зерна гороху посівного до контролю (середнє за 2021-2023 рр.), кг [89]

Нашими попередньо проведеними дослідженнями з іншими сільськогосподарськими культурами також визначено високу економічну ефективність та окупність біопрепаратів [41, 49, 53, 89].

Таким чином, застосування ресурсоощадливого живлення гороху посівного на засадах передпосівної обробки насіння, внесення стартової дози комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення на початку бутонізації Нановітом, Органік Д-2М і бором, є

доцільним та економічно вигідним. При цьому рівень урожайності зерна гороху (сорт Мадонна) підвищується до 2,43-2,45 т/га за 1,55 т/га у контролі та забезпечується висока окупність додатково сформованим урожаєм: на одиницю діючої речовини мінеральних добрив – 6,89-10,44 кг/кг, Нановіт Мікро в межах 500-740 кг зерна/л; Органік Д-2М – від 235 до 335 кг зерна/л, а бору – від 440 до 710 кг/л залежно від поєднання факторів. Показники окупності досліджуваних препаратів відносно фону внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ були меншими, але також значними і склали відповідно: від 190 до 430 кг/л Нановіт Мікро, 80-180 кг/л по Органік Д-2М та від 10 до 400 кг/л за використання для підживлення бору.

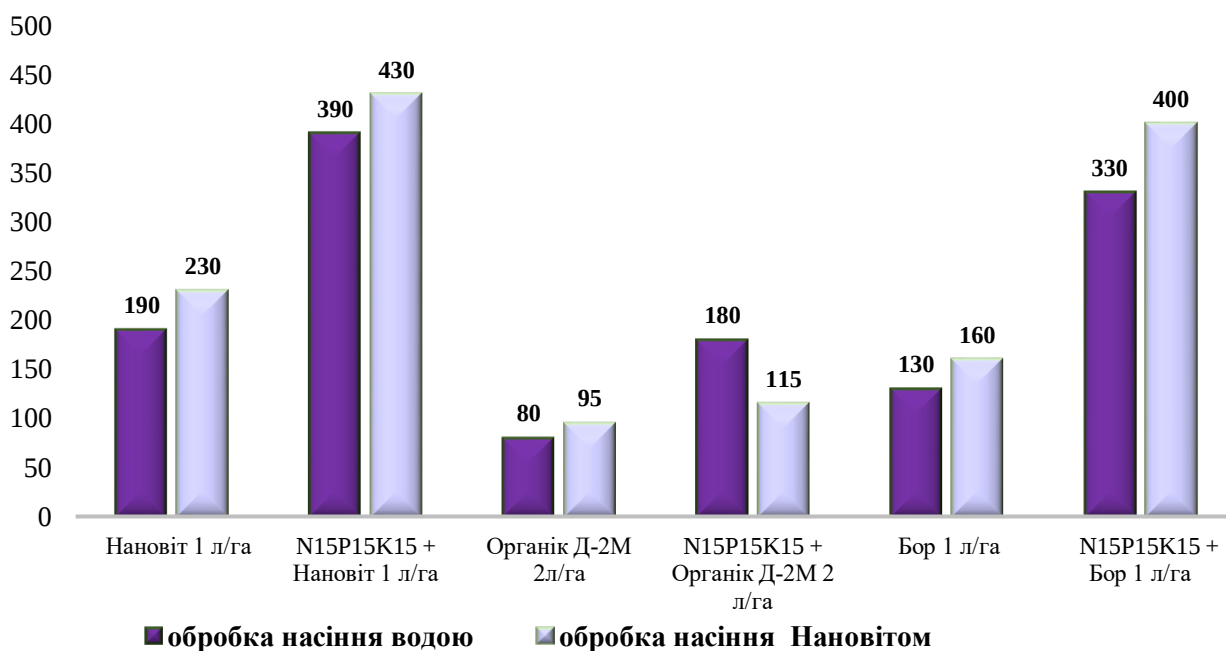


Рис. 6.2. Окупність 1 л біопрепарату (мікроелементу) приростом урожаю зерна гороху посівного до фону $N_{15}P_{15}K_{15}$ (середнє за 2021-2023 рр.), кг [89]

Нами побудовано кореляційно-регресійну модель, яка показує значний зв'язок (рис.6. 3).

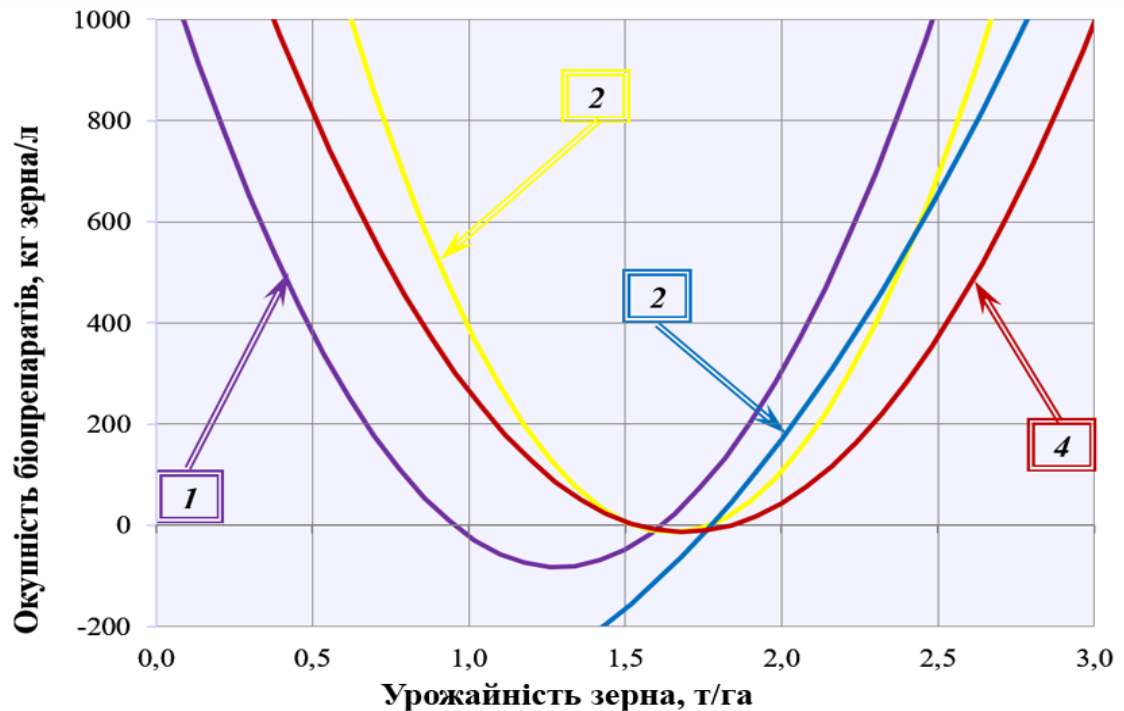


Рис. 6.3. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна гороху посівного та окупністю біопрепаратів і мікродобрих (середнє за 2021-2023 рр.) [89]

- 1 – обробка водою відносно контролю $y = 754,69x^2 - 1938,8x + 1162,3$; $R^2 = 0,6883$
 2 – обробка водою відносно фону $N_{15}P_{15}K_{15}$ $y = 968,02x^2 - 3188,3x + 2610,9$; $R^2 = 0,8083$
 3 обробка Нановітом відносно контролю $y = 303,76x^2 - 395,35x - 255,58$; $R^2 = 0,5959$
 4. обробка Нановітом відносно фону $N_{15}P_{15}K_{15}$ $y = 587,05x^2 - 1984,2x + 1663$; $R^2 = 0,6042$

До того ж наведені підходи до оптимізації живлення, окрім заощадження витрат на вирощування, є екологічними і їх успішно можна застосовувати в органічному землеробстві.

6.3. Енергетична ефективність досліджуваних елементів технології вирощування гороху

Енергетична ефективність технології вирощування гороху є комплексним показником, який відображає співвідношення витраченої енергії на вирощування до отриманої кількості енергії, накопиченої у вигляді врожаю. Енергетичний аналіз дозволяє провести додаткову оцінку факторів і варіантів

польового досліджу. Причому перевагою енергетичного аналізу над економічним є сталість його величин, оскільки енергетичні еквіваленти майже не змінюються на відміну від економічних показників, що постійно залежать від цін на паливо, добрива, пестициди, біопрепарати, технічні засоби, закінчуючи ціною на кінцеву продукцію (зерно гороху) [66, 67, 108].

Згідно досліджень багатьох вітчизняних [8, 114, 121, 269, 282] і закордонних [270, 271, 287, 302] вчених на енергетичну ефективність вирощування гороху впливають такі чинники:

- ґрунтово-кліматичні умови – позначаються на швидкості росту й розвитку, процесах формування врожаю, якості зерна, що безпосередньо впливає на енергетичні показники технології вирощування гороху;

- сорт гороху – характеризується варіюванням урожайності, потребою у поживних речовинах та стійкістю до шкідників;

- технологія вирощування – сівозміна (знижує ризик ураження хворобами та ушкодження шкідниками, підвищує родючість ґрунту); застосування добрив (підвищує врожайність, проте потребує додаткової енергії на транспортування, внесення, збирання додаткового врожаю); механізація (дозволяє скоротити трудовитрати, проте потребує енергії для роботи техніки; захист від шкідників та хвороб (дозволяє зберегти врожай, але потребує додаткової енергії); транспортування та зберігання (витрати енергії, що залежать від рівня врожаю); доробка зерна (витрати енергії на очищення, сортування та доробку гороху).

Енергетичний баланс та енергетичні коефіцієнти віддзеркалюють кількість енергії, отриманої від врожаю з порівнянням із витраченою енергією на виробництво зерна гороху.

Для підвищення енергетичної ефективності рекомендовано добирати високопродуктивні, адаптовані до місцевих умов сорти, які будуть забезпечувати мінімізацію витрат енергії на одиницю продукції. Застосування органічних добрив сприятиме зниженню потреби у синтетичних мінеральних добривах, що вимагають високих витрат енергії на виробництво. Механізація

з використанням енергозберігаючої техніки також забезпечить підвищення ефективності використання енергії. Впровадження систем точного землеробства та нормування витрат спрямовані на оптимізацію використання ресурсів, особливо – добрив. Зниження втрат врожаю забезпечить зменшення потреб у додатковій енергії на доробку зерна та його очищення. Отже, підвищення енергетичної ефективності технології вирощування гороху – важливий чинник для забезпечення сталого сільського господарства. Правильний вибір сортів, оптимальні технології вирощування та оптимізація використання ресурсів дозволяють мінімізувати витрати енергії та підвищити ефективність виробництва.

Показники надходження енергії відображали тенденції, що були встановлені за показниками врожайності зерна (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

**Надходження енергії з урожаєм зерна гороху
(середнє за 2021-2023 рр.), ГДж/га**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	35,0	38,6	36,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	42,0	45,6	43,8
Нановіт Мікро, 1 л/га	46,3	50,8	48,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	50,8	55,3	53,1
Органік Д-2М, 2 л/га	45,6	49,9	47,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	50,1	55,3	52,7
Бор, 1 л/га	44,9	49,2	47,1
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	49,5	54,7	52,1
Середнє по фактору А	45,5	49,9	47,8

За обробки насіння препаратом Нановіт Мікро перед сівбою, внесення мінеральних добрив (N₁₅P₁₅K₁₅) сумісно з Нановіт Мікро та Бором відбулося

зростання цього показника до максимального значення – 55,3 ГДж/га, що було в 1,6 рази більше мінімального показника – 35,0 ГДж/га, яке отримали у контрольних варіантах обох факторів.

В середньому по першому фактору (А) спостерігали зростання надходження енергії з урожаєм гороху до 49,9 ГДж/га, що на 9,7% перевищувало контроль, у якому даний показник визначено на рівні 45,5 ГДж/га.

За фоном живлення надходження енергії найменшого значення (36,8 ГДж/га) набуло у неудобреному контролі. Слід зауважити, що у четвертому варіанті фону живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро) цей показник підвищився в 1,4 рази – до 53,1 ГДж/га. Крім того, високі показники надходження енергії – понад 52 ГДж/га сформувалися у шостому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М) й восьмому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор) варіантах фактора В.

Витрати енергії мали тенденцію до зростання у варіантах з внесенням мінеральних добрив у стартовій дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ як окремо, так за їх сумісного застосування з біопрепаратами та мікроелементами (табл. 6.8). Найбільшими, на рівні 27,8 ГДж/га, вони були за використання для обробки насіння Нановіт Мікро у четвертому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро) та шостому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М) варіантах фонів живлення.

Зростання енергетичних витрат на технологію вирощування гороху, у середньому по фактору А, до 27,2 ГДж/га зафіксовано у варіанті з передпосівною обробкою насіння препаратом Нановіт Мікро. У контрольному варіанті першого фактора польового дослідження (контроль за обробки водою) даний показник зменшився до 26,0 ГДж/га, або на 4,6%.

За фоном живлення (фактор В) витрати енергії були мінімальними – 26,5-26,7 ГДж/га у контрольному варіанті, а також за підживлення препаратом Нановіт Мікро (третій варіант) та мікроелементом Бор (сьомий варіант). Ці показники зростали в межах від 3,5 до 5,0% в усіх варіантах по фону внесення комплексного мінерального добрива у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$.

Таблиця 6.8

**Енергетичні витрати на технологію вирощування гороху залежно від
передпосівної обробки насіння та фону живлення
(середнє за 2021-2023 рр.), ГДж/га**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	25,3	26,5	25,9
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	26,3	27,4	26,8
Нановіт Мікро, 1 л/га	25,8	27,0	26,4
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	26,5	27,8	27,1
Органік Д-2М, 2 л/га	25,5	26,5	26,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	26,6	27,8	27,2
Бор, 1 л/га	25,5	26,7	26,1
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	26,3	27,5	26,9
Середнє по фактору А	26,0	27,2	26,6

Найменший приріст енергії 9,7 ГДж/га, який отримали у польовому досліді з горохом, сформувався у контрольному варіанті досліджуваних обробок насіння перед сівбою (фактор А) та фону живлення (фактор В) (табл. 6.9). У трьох варіантах даний показник перевищив 27 ГДж/га – у четвертому (N₁₅P₁₅K₁₅ + Нановіт Мікро); шостому (N₁₅P₁₅K₁₅ + Органік Д-2М); восьмому (N₁₅P₁₅K₁₅ + Бор).

Велика різниця (на рівні 16,3%) у показниках приросту енергії за фактором А між контрольним варіантом, де він становив, у середньому по цьому фактору, 19,6 ГДж/га та з обробкою насіння препаратом Нановіт Мікро – 22,8 ГДж/га. Це можна пояснити підвищенням приросту енергії з урожаєм насіння на фоні низьких додаткових енергетичних витрат на застосування Нановіт Мікро для передпосівної обробки насіння.

Таблиця 6.9

**Приріст енергії з урожаєм гороху залежно від досліджуваних факторів
(середнє за 2021-2023 рр.), ГДж/га**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	9,7	12,1	10,9
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	15,7	18,2	17,0
Нановіт Мікро, 1 л/га	20,5	23,8	22,2
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	24,3	27,5	26,0
Органік Д-2М, 2 л/га	20,1	23,4	21,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	23,5	27,5	25,5
Бор, 1 л/га	19,4	22,5	21,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	23,2	27,2	25,2
Середнє по фактору А	19,6	22,8	21,2

Ще більш суттєву різницю між середніми значеннями приросту енергії визначено за фактором В (фон живлення). Так, у контрольному варіанті його значення було на рівні 10,9 ГДж/га, а в удобрених варіантах істотно підвищилось - в 1,6-2,4 рази. Максимальний приріст енергії – 26,0 ГДж/га отримали у варіанті з використанням мінерального добрива у дозі N₁₅P₁₅K₁₅ та проведенням підживлення Нановіт Мікро.

Коефіцієнт енергетичної ефективності, який віддзеркалює співвідношення між витратами та приростом енергії за результатами технологічного процесу вирощування гороху, в усіх варіантах дослідження перевищував одиницю, що свідчить про енергетичну доцільність вирощування досліджуваної культури (табл. 6.10).

До максимальної величини – 1,99 цей показник підвищився за проведення передпосівної обробки насіння препаратом Нановіт Мікро (фактор А) та у трьох варіантах фону живлення (фактор В): N₁₅P₁₅K₁₅ + Нановіт Мікро; N₁₅P₁₅K₁₅ + Органік Д-2М; N₁₅P₁₅K₁₅ + Бор. При цьому коефіцієнт енергетичної

ефективності зменшився до 1,38, або в 1,4 рази у контрольних варіантах факторів А і В.

Таблиця 6.10

Коефіцієнт енергетичної ефективності залежно від досліджуваних факторів і варіантів (середнє за 2021-2023 рр.)

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	1,38	1,46	1,42
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,60	1,66	1,63
Нановіт Мікро, 1 л/га	1,79	1,88	1,84
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	1,92	1,99	1,96
Органік Д-2М, 2 л/га	1,79	1,88	1,84
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	1,88	1,99	1,94
Бор, 1 л/га	1,76	1,84	1,80
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	1,88	1,99	1,94
Середнє по фактору А	1,75	1,84	1,80

У середньому, по першому досліджуваному фактору перевагу мав варіант з використанням Нановіт Мікро, у якому коефіцієнт енергетичної ефективності склав 1,84. Це перевищувало контрольний варіант на 5,2%, де він склав, у середньому по фактору А, 1,75.

За фактором В найбільше середнє значення цього показника 1,96 сформувалось за сумісного застосування мінеральних добрив у дозі N₁₅P₁₅K₁₅ та підживлення препаратом Нановіт. Коефіцієнт енергетичної ефективності у контрольному варіанті фону живлення склав 1,42.

Енергоємність досягла найвищого рівня у контрольних варіантах факторів А і В, де вона склала 16,3 ГДж/т (табл. 6.11). Найраціональнішим використання енергії зі зниженням даного показника до 11,3 ГДж/т забезпечував фон живлення N₁₅P₁₅K₁₅ за проведення підживлення посіву Нановітом та Органік Д-2М по фону обробки насіння препаратом.

Таблиця 6.11

**Енергоємність вирощування гороху залежно від досліджуваних факторів
(середнє за 2021-2023 рр.), ГДж/т**

Фон живлення (фактор В)	Обробка насіння перед сівбою (фактор А)		
	Обробка водою	Обробка Нановіт Мікро (1 л/т)	Середнє по фактору В
Контроль	16,3	15,5	15,9
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	14,1	13,6	13,9
Нановіт Мікро, 1 л/га	12,6	12,0	12,3
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Нановіт Мікро, 1 л/га	11,8	11,3	11,6
Органік Д-2М, 2 л/га	12,6	12,0	12,3
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Органік Д-2М, 2 л/га	12,0	11,3	11,7
Бор, 1 л/га	12,8	12,2	12,5
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Бор, 1 л/га	12,0	11,4	11,7
Середнє по фактору А	13,0	12,4	12,7

Обробка насіння гороху перед сівбою препаратом Нановіт Мікро (в середньому по фактору А) сприяла зниженню енергоємності до рівня 12,4 ГДж/т, що було на 4,8% менше, ніж у контрольному варіанті з обробкою насіння водою.

У середньому по фоні живлення (фактор В) у контрольному варіанті енергоємність сягнула максимального значення – 15,9 ГДж/т. У варіанті із застосуванням мінеральних добрив N₁₅P₁₅K₁₅ сумісно з препаратом Нановіт Мікро зафіксовано зниження цього показника до 11,6 ГДж/т, або на 37,1%.

Також мінімальний рівень енергоємності вирощування гороху на рівні 11,6 ГДж/т визначено за внесення макродобрив у дозі N₁₅P₁₅K₁₅ та Органік Д-2М (шостий варіант фактору В), а також у восьмому варіанті польового досліджу (N₁₅P₁₅K₁₅ + Бор), що було на 35,9% порівняно з контролем.

Висновки до розділу 6:

1. Розрахунки економічної ефективності досліджуваних факторів і варіантів технології вирощування гороху проведені за біржовими цінами на отриману продукцію (зерно гороху – 9300 грн/т) та вартості всіх видів ресурсів і технологічних компонентів, які сформувалися на початок 2024 року.

Економічними розрахунками обґрунтовано, що максимальна вартість валової продукції 22,8 тис. грн/га сформувалася у варіантах із внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведенням підживлень Нановіт Мікро та Органік Д-2М. Цей показник перевищив абсолютний контроль (факторів А і В) – на 44,1%, де він склав 14,4 тис. грн/га.

Обробка насіння (фактор А) перед сівбою препаратом Нановіт Мікро у середньому забезпечила зростання вартості валової продукції від 18,8 до 20,6 тис. грн/га, або на 9,6%.

Стосовно живлення (фактор В) визначено тенденцію збільшення цього економічного показника у варіантах сумісного застосування мінеральних добрив з біопрепаратами та мікроелементами (четвертий, шостий і восьмий варіанти), у яких вартість валової продукції перевищувала 21 тис. грн/га. Максимальне середньофакторіальне значення – на рівні 21,9 тис. грн/га визначено за поєднання застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ та Нановіт Мікро, що на 44,1% перевищило мінімальний показник – 15,2 тис. грн/га у контролі.

На відміну від вартості валової продукції досліджуваних елементів технології вирощування гороху, виробничі витрати меншою мірою змінювалися за досліджуваними факторами, проте ця різниця між варіантами польового досліді була суттєвою і коливалася в діапазоні від 5,2 до 23,3%.

За обробки насіння Нановіт Мікро у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро цей показник зріс до 9,0 тис. грн/га. Мінімальними виробничі витрати (7,3 тис. грн/га) визначені у контрольних варіантах обох досліджуваних факторів.

Щодо собівартості 1 т зерна гороху, то незалежно від впливу фактору А визначено тенденцію зростання цього показника у контролі та за внесення мінерального добрива ($N_{15}P_{15}K_{15}$) до 4,27-4,71 тис. грн.

Мінімальною собівартість на рівні 3,56 тис. грн/т визначена за обробки насіння Нановіт Мікро та по фону $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор, що менше на 19,9-32,3% від максимального рівня собівартості першого і другого варіантів фактору В.

За фактором А середні значення собівартості були практично на одному рівні – 3,96 і 3,89 тис. грн/т, з різницею в 1,7%, що пояснюється низькими витратами на обробку насіння перед сівбою препаратом Нановіт Мікро.

По фактору В визначено зростання собівартості за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$, у середньому, до 4,29 тис. грн/га, а також у контролі – до 4,66 тис. грн/т. Фон живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор знизив її до 3,61 тис. грн/т, або на 18,8-29,1%.

Умовний чистий прибуток максимальної величини – 13,9 тис. грн/га сягнув у варіантах із обробкою насіння Нановіт Мікро по фонах застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор. У контролях досліджуваних факторів цей показник зменшився до 7,1 тис. грн/га. Найвищий умовно чистий прибуток визначено на рівні 13,1 тис. грн/га у четвертому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро), шостому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М) та восьмому ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор) варіантах. Його величина в 1,7 рази перевищувала неудобрений контроль, у якому прибуток становив 7,6 тис. грн/га.

Рівень рентабельності підвищився до 161,1% у варіанті з обробкою насіння препаратом Нановіт Мікро та застосування фону живлення за схемою $N_{15}P_{15}K_{15}$ та Бор, тоді як у контролі він склав 97,5%, або в 1,7 разів нижче.

2. Застосування ресурсощадного живлення гороху посівного на засадах передпосівної обробки насіння, внесення стартової дози комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення на початку бутонізації Нановіт Мікро, Органік Д-2М і бором, є доцільним та економічно вигідним. При цьому рівень урожайності зерна гороху (сорт Мадонна) підвищується до 2,43-2,45 т/га за 1,55 т/га у контролі та забезпечується висока окупність додатково сформованим урожаєм: на одиницю діючої речовини мінеральних добрив – 6,89-10,44 кг/кг, Нановіт Мікро в межах 500-740 кг зерна/л; Органік Д-2М – від 235 до 335 кг зерна/л, а бору – від 440 до 710 кг/л залежно від поєднання факторів. Показники

окупності досліджуваних препаратів відносно фону внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ були меншими, але також значними і склали відповідно: від 190 до 430 кг/л Нановіт Мікро, 80-180 кг/л по Органік Д-2М та від 10 до 400 кг/л за використання для підживлення бору.

Наведені підходи до оптимізації живлення, окрім заощадження витрат на вирощування, є екологічними і їх успішно можна застосовувати в органічному землеробстві.

3. За обробки насіння препаратом Нановіт Мікро перед сівбою, внесення мінеральних добрив ($N_{15}P_{15}K_{15}$) сумісно з Нановіт Мікро та Бором відбулося зростання надходження енергії з урожаєм до максимального значення – 55,3 ГДж/га, що було в 1,6 рази більше мінімального показника – 35,0 ГДж/га, яке визначили у контрольних варіантах обох факторів.

Витрати енергії мали тенденцію до зростання у варіантах з внесенням мінеральних добрив у стартовій дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ як окремо, так за їх сумісного застосування з біопрепаратами та мікроелементами. Найбільшими, на рівні 27,8 ГДж/га, вони були за використання для обробки насіння Нановіт Мікро у варіантах $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М.

Зростання енергетичних витрат на обробку насіння у середньому складало 27,2 ГДж/га, тоді як за обробки водою - 26,0 ГДж/га, або на 4,6% менше. За фоном живлення витрати енергії були мінімальними – 26,5-26,7 ГДж/га у контролі та за підживлення препаратом Нановіт Мікро і мікроелементом Бор. Ці показники зростали в межах від 3,5 до 5,0% в усіх варіантах по фону внесення комплексного мінерального добрива у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$.

Найменшим приріст енергії 9,7 ГДж/га визначено у контрольних варіантах досліджуваних факторів. У варіантах $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро, $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М, $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор даний показник перевищив 27 ГДж/га.

Коефіцієнт енергетичної ефективності в усіх варіантах досліджу перевищував одиницю, що свідчить про енергетичну доцільність вирощування гороху посівного. Максимальної величини – 1,99 цей показник визначено за

проведення передпосівної обробки насіння препаратом Нановіт Мікро та варіантах живлення: $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор. Коефіцієнт енергетичної ефективності у контрольних варіантах обох факторів зменшився до 1,38, або в 1,4 рази.

Енергоємність досягла найвищого рівня у контрольних варіантах факторів А і В, де вона склала 16,3 ГДж/т. Найраціональнішим використання енергії зі зниженням даного показника до 11,3 ГДж/т забезпечував фон живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ за проведення підживлення посіву Нановітом та Органік Д-2М по фоні обробки насіння препаратом. Обробка насіння гороху перед сівбою препаратом Нановіт Мікро (в середньому по фактору А) знижувала енергоємність до 12,4 ГДж/т, що на 4,8% менше, ніж у контролі з обробкою насіння водою. У середньому по фоні живлення (фактор В) у контролі енергоємність сягнула максимального значення – 15,9 ГДж/т. У варіанті із застосуванням мінеральних добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ сумісно з препаратом Нановіт Мікро цей показник знизився до 11,6 ГДж/т, або на 37,1%. Такий же рівень енергоємності - 11,6 ГДж/т визначено і за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор, що на 35,9% менше порівняно з контролем.

Публікації за розділом 6:

1. **Єрмолаєв В. М.,** Гамаюнова В. В., Бакланова Т. В. Окупність складових оптимізації живлення гороху приростом урожаю зерна за вирощування в умовах південного степу України. *Proceedings of the 6th International Scientific Conference «Interdisciplinary Science Studies»* (June 27-28, 2024). Dublin, Ireland, 2024. С.81–85. DOI 10.5281/zenodo.12601920 [89].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та наведено результати власних експериментальних досліджень, проведених в умовах Південного Степу України, з удосконалення оптимізації живлення гороху посівного на засадах ресурсозбереження. Визначено вплив досліджуваних факторів на розвиток рослин, формування симбіотичного апарату, врожайності, ощадливого використання вологи та впливу культури гороху на основні ознаки родючості ґрунту, зокрема поповнення його цінною органічною речовиною та біологічним азотом, що дало можливість сформулювати наступні висновки та пропозиції.

1. Сумарне водоспоживання гороху посівного значно залежало від умов зволоження року. Максимальним - 2672 м³/га його визначено у найбільш вологому 2021 р., а мінімальним – у 2022 р., який виявився найпосушливішим – 1416 м³/га. Така істотна відмінність пояснюється кількістю опадів, що випали протягом вегетаційного періоду. Якщо у 2021 р. їх випало 1714 м³/га, що становило 64,1% балансу водоспоживання, то у 2022 р. – 683 м³/га і 48,2% відповідно.

2. Найбільш економно волога рослинами посіву гороху на формування 1т врожаю витрачалась за поєднання передпосівної обробки насіння, внесення N₁₅P₁₅K₁₅ та проведення підживлення Нановіт Мікро, де в середньому за три роки коефіцієнт водоспоживання склав 842,8, а за обробки насіння водою - 920,5 м³/т. Близькими були значення за використання для підживлення Органік Д-2М: 845,0 та 929,8 м³/т за показників у контролі 1208,7 та 1336,3 м³/т відповідно. Між урожайністю зерна та коефіцієнтом водоспоживання встановлено функціональний кореляційний зв'язок.

3. Обробка насіння перед сівбою та оптимізація живлення рослин позначилися на тривалості окремих міжфазних та загального періоду вегетації, виживаності рослин від сходів до повної стиглості зерна та в кінцевому

підсумку – на рівнях урожайності зерна. Результати досліджень засвідчують доцільність застосування ресурсоощадного живлення гороху посівного, яке базується на внесенні до сівби $N_{15}P_{15}K_{15}$, обробці насіння Нановіт Мікро та проведенні позакореневого підживлення біопрепаратами і бором.

4. Досліджувані елементи істотно збільшували накопичення надземної біомаси рослин, кількість бульбочкових бактерій на коренях гороху та симбіотичну фіксацію азоту. Встановлено, що після вирощування гороху за впровадження досліджуваних заходів в ґрунт може бути зароблено до 3 т/га свіжої органічної речовини та до 100-110 кг біологічного безкоштовного азоту.

5. Кількість біомаси на передзбиральний період за впливу ресурсоощадних елементів оптимізації живлення порівняно з контрольним варіантом істотно зростала. Лише за обробки насіння вихід сухої речовини збільшився на 10,4%, а за поєднання заходів – до максимального значення 58,5% до контролю. Найбільшим утворенням біомаси характеризувався варіант поєднання обробки насіння, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення Нановіт Мікро 1 л/га. Між рівнями врожаю зерна та накопиченої біомаси, яку залишають у ґрунті, в якості свіжої органічної речовини, визначено тісну кореляційну залежність.

6. Досліджувані фактори з оптимізації живлення й обробки насіння та особливо за їх поєднання позитивно впливали на кількість бобів на рослині гороху. У контролі за обробки насіння перед сівбою водою їх кількість у середньому за три роки вирощування склала 4,3 шт, то в найбільш оптимальному варіанті дослідів вона збільшилась до 4,7-4,8 шт/рослину. Найменше бобів на рослинах гороху впродовж наших досліджень утворилося у найбільш посушливому 2022 році вирощування: у межах 2,58-3,13 штук.

За поєднання досліджуваних елементів, збільшувались й такі важливі складові структури врожаю, як кількість зерен у бобі і на 1 рослині гороху посівного. Якщо у контролі за обробки насіннєвого матеріалу водою кількість зерен у бобові в середньому за роки досліджень склала 5,8 шт, то за поєднання факторів оптимізації живлення вона зростала до 6,4-6,5 штук. Аналогічно у

зазначених варіантах змінювалась і кількість зерен на 1 рослину: 25,1 шт у контролі та до 30,7-31,2 шт відповідно у кращих варіантах дослідів. Відповідно зростала і маса зерна з 1 рослини гороху посівного та маса 1000 зерен. Між досліджуваними показниками та уривками врожайності зерна визначено тісні кореляційно-регресійні залежності.

7. Оптимізація живлення культури, а саме: обробка насіння перед сівбою, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення дозволяє підвищити врожайність зерна з 1,55 т/га у контролі до 2,45 т/га в кращих варіантах поєднання факторів. Максимальну врожайність у середньому за 3 роки отримали у варіантах внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га незалежно від обробки насіння перед сівбою. За обробки водою та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро 1 л/га середня врожайність зерна гороху склала 2,25 т/га, а препаратом – 2,45 т/га. При внесенні $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М 2 л/га ці показники відповідно склали 2,22 та 2,45 т/га. Обробка насіння перед сівбою Нановіт Мікро збільшувала врожайність зерна гороху на 10,1-10,9 %, а оптимізація живлення - до 43,3% відносно контролю. Найвищою врожайність сформована у сприятливому 2021 р, а найнижчою – у 2022 р.

8. Максимальним вміст білка у зерні гороху у середньому за 2021 - 2023 рр. вирощування 22,5% виявився за сумісної дії обробки насіння Нановіт Мікро і проведення підживлень по фоні передпосівного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$. За цих заходів, але з проведенням обробки насіння перед сівбою водою, вміст білка склав 22,2%, або ж був на 0,3% меншим. В абсолютному контролі за обробки насіння водою і без впровадження факторів оптимізації живлення білка в зерні гороху в середньому за роки досліджень містилося 21,3%. Стосовно найбільш оптимального поєднання факторів це відповідно на 1,2% менше. Між рівнями врожаю зерна та вмістом білка залежно від досліджуваних факторів та років досліджень визначено кореляційну залежність. За значенням та шкалою Чеддока вона показує значний, сильний та дуже сильний зв'язки $R^2 = 0,6745-0,835$.

За обробки насіння та оптимізації живлення рослин гороху посівного, умовний вихід білка з 1 га посіву збільшувався. Встановлено значний зв'язок між урожайністю гороху посівного та вмістом білка: $R^2 = 0,6752-0,6963$. Між урожайністю гороху посівного та умовним збором білка встановлено дуже сильний кореляційний зв'язок: $R^2 = 0,9906-0,9914$.

9. Максимальною вартість валової продукції 22,8 тис. грн/га визначена за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення підживлень Нановіт Мікро і Органік Д-2М. Цей показник перевищив абсолютний контроль – на 44,1%, де він склав 14,4 тис. грн/га. Обробка насіння Нановіт Мікро у середньому забезпечила зростання вартості валової продукції від 18,8 до 20,6 тис. грн/га, або на 9,6%. Оптимізація живлення збільшувала вартість валової продукції у варіантах сумісного застосування мінеральних добрив з біопрепаратами та мікроелементами вище 21 тис. грн/га. Максимальне середньофакторіальне значення – на рівні 21,9 тис. грн/га визначено за поєднання застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ та Нановіт Мікро, що на 44,1% перевищило мінімальний показник – 15,2 тис. грн/га у контролі. Виробничі витрати меншою мірою змінювалися за досліджуваними факторами, проте ця різниця між варіантами польового дослідження була суттєвою і коливалася в діапазоні від 5,2 до 23,3%. За обробки насіння Нановіт Мікро у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро цей показник зріс до 9,0 тис. грн/га. Мінімальними виробничі витрати (7,3 тис. грн/га) визначені у контрольних варіантах обох досліджуваних факторів. Мінімальною собівартість на рівні 3,56 тис. грн/т визначена за обробки насіння Нановіт Мікро та по фону $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор. З оптимізацією живлення за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ собівартість у середньому зростала до 4,29 тис. грн/га. Умовно чистий прибуток максимальної величини – 13,9 тис. грн/га сягнув у варіантах із обробкою насіння Нановіт Мікро по фонах застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор. У контролях досліджуваних факторів цей показник зменшився до 7,1 тис. грн/га. Максимальний рівень рентабельності 161,1% забезпечив варіант з обробкою насіння Нановіт Мікро, застосуванням

$N_{15}P_{15}K_{15}$ та Бор, тоді як у контролі він склав 97,5%, або ж був в 1,7 разів нижчим.

10. Встановлено високу окупність одиниці діючої речовини мінеральних добрив додатково сформованим урожаєм: 6,89-10,44 кг/кг, Нановіт Мікро в межах 500-740 кг зерна/л; Органік Д-2М – від 235 до 335 кг зерна/л, а бору – від 440 до 710 кг/л залежно від поєднання факторів. Показники окупності досліджуваних препаратів відносно фону внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ були меншими, але також значними і склали відповідно: від 190 до 430 кг/л Нановіт Мікро, 80-180 кг/л по Органік Д-2М та від 10 до 400 кг/л за використання для підживлення бору. Наведені підходи до оптимізації живлення, окрім заощадження витрат на вирощування, є екологічними і їх успішно можна застосовувати в органічному землеробстві.

11. За обробки насіння Нановіт Мікро, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ сумісно з Нановіт Мікро та Бором зростало надходження енергії з урожаєм до максимального значення – 55,3 ГДж/га, що в 1,6 рази перевищувало мінімальний показник – 35,0 ГДж/га у контрольних варіантах обох факторів. Витрати енергії зростали за внесення мінеральних добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ як окремо, так за їх сумісного застосування з біопрепаратами та мікроелементами. Коефіцієнт енергетичної ефективності в усіх варіантах дослідів перевищував одиницю, що свідчить про енергетичну доцільність вирощування гороху посівного. Максимальної величини – 1,99 він досяг за проведення передпосівної обробки насіння препаратом та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Нановіт Мікро; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік Д-2М; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бор. Коефіцієнт енергетичної ефективності у контрольних варіантах обох факторів зменшився до 1,38, або в 1,4 рази. Енергоємність найвищою була у контрольних варіантах - 16,3 ГДж/т. Найраціональнішим використання енергії зі зниженням даного показника до 11,3 ГДж/т забезпечував фон живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ за проведення підживлення посіву Нановітом та Органік Д-2М по фону обробки насіння препаратом. Обробка насіння гороху перед сівбою препаратом Нановіт Мікро (в

середньому по фактору А) знижувала енергоємність до 12,4 ГДж/т, що на 4,8% менше, ніж у контролі з обробкою насіння водою.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Південного Степу України при вирощуванні гороху посівного на засадах ресурсозбереження для формування врожайності на рівні до 3,0 т/га з високими показниками економічної ефективності на чорноземі південному, що має середню забезпеченість рухомими елементами живлення, рекомендується:

- ✓ вирощувати високопродуктивний сорт гороху Мадонна;
- ✓ до сівби проводити інокуляцію насіння препаратом Нановіт Мікро з розрахунку 1 л/т насіння;
- ✓ використовувати удосконалену нами систему удобрення, яка передбачає внесення стартової дози добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ до сівби;
- ✓ проводити позакореневе підживлення посіву рослин гороху на початку бутонізації Нановіт Мікро (1 л/га), Органік Д-2М (2л/га) та бором (1 л/га) за витрати робочого розчину 300 л/га.

Рекомендовані підходи до вирощування гороху одночасно дозволять підвищити ефективність використання вологи рослинами та покращити основні ознаки родючості ґрунту, зокрема поповнити його цінною органічною речовиною (в середньому 3 т/га і більше) та біологічним безкоштовним азотом (в середньому до 100 кг/га).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверчев О. В., Ковшакова Т. С. Аналіз вирощування проса в Херсонській області. *Таврійський науковий вісник*. № 123. 2022. С. 3–8. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.1>
2. Адаменко Т. І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ, 2014. 18 с.
3. Амонс С. Е. "Біологічний захист рослин в системі органічного землеробства." *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 167–183. (2022).
4. Амонс С. Е. Стан та перспективи розвитку виробництва органічної продукції в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 221–236. 2021. DOI:10.37128/2707-5826-2021-3-18
5. Андрушко М. О. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Спеціальність 201 – Агрономія. Оптимізація елементів технології вирощування гороху в умовах західного Лісостепу». 23.12.2020 р.
6. Андрушко М. Урожайність сортів гороху залежно від елементів системи удобрення та норм висіву насіння. *Вісник Львівського НАУ*. 2020. №. 4. С. 82–88.
7. Андрушко О. М., Андрушко М. О. Економічна ефективність елементів технології вирощування гороху в Лісостепу Західному. *Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспекти: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, 22-23 березня 2022 р. Ч. 1. Львів: ЛНУП, 2022. С.105–110
8. Андрушко О., Андрушко М. Енергетична ефективність вирощування гороху сорту Мадонна. *Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспекти: матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, 27-28 березня 2024 р. Львів: ЛНУП, 2024. 579 с. 2024.

9. Аріон О. В., Купач Т. Г., Дем'яненко С. О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: *Навчально-методичний посібник*. К., 2017. 226 с. URL: https://geo.knu.ua/old/images/doc_file/navch_lit/- Gruntoznavstvo.pdf
10. Балюк С. А. "Інноваційні підходи до управління родючістю ґрунтів." *Вісн. аграр. науки (НААН України)* 8 (2015): 77–82.
11. 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.
12. Баташова М. Перспективи використання генетичного різноманіття в сучасній селекції гороху. *Збірник наукових праць міжнародної науковопрактичної конференції "Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших культур : досягнення і перспективи" 25-26 квітня 2016 р.. Подільський державний аграрно-технічний університет*. Тернопіль. Крок. 2016. С. 76–77.
13. 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.
14. 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. *Plant & Soil Science*, 2020. Т. 11. №. 3. [hΣps://doi.org/10.31548/agr2020.03.033](https://doi.org/10.31548/agr2020.03.033)
15. 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.;
16. Белкін І. В. "Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи розвитку." *Наукові перспективи*. 2024. № 4 (46). С. 484–498. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-4\(46\)-484-498](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-4(46)-484-498).

17. Бєров Є. Д., Бєров Е. Д. Вплив обробітку ґрунту та попередників на водоспоживання гороху в органічному землеробстві. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 2018. Вип. 87. С. 35–43.
18. Білера Н. Калій – елемент якості. *Агроном*. 2017. №3. С.24–27.
19. Бомко В.С., Сиваченко Є. В., Сметаніна О. В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин. *Навчальний посібник*. Біла Церква, 2023. 225с.
20. Бурикiна С. І., Сергєєв Л. А. Мiнеральнi добрива як фактор пiдвищення урожайностi гороху пiдзимової сiвби. *Аграрнi iнновацiї*. 2023. №. 19. С. 12–18.
21. Бурлака Н. І., Панько В. В. "Екологічні наслідки деградації ґрунту та інноваційні шляхи її подолання." *Агросвіт* 7. 2020. С. 80–86. URL: <https://DOI: 10.32702/2306-6792.2020.7.80>
22. Вєтохiн В., Алтибаєв А. "Аналіз властивостей ґрунту стосовно процесу управління його станом з мiнiмальними витратами ресурсiв." *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України* 21 (2017): 332–338.
23. Венгліньський М. О., Глущенко М. К., Годинчук Н. В., Хмара Т. І. Роль мікроелементів у живленні рослин та покращені родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2014. Випуск 1. С. 73–75.
24. Вільна Н. В. "Порівняльна характеристика властивостей чорнозему південного на вододілі та схилі у Правобережному Степу України." *AgroChemistry and Soil Science*. 89. 2020. С. 105–110. URL: <https://doi.org/10.31073/acss89-12>
25. 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>

26. Волкогон В. В. Біологічна меліорація ґрунтів. Традиційне і нове. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. №. 13. С. 7–22,
27. Волкогон В. В., Бердніков О. М., Лопушняк В. І. Екологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкогона. К.: *Аграрна наука*, 2019. 264 с.
28. Воронкова Г. М., Єрмолаєв В. М., Гамаюнова В. В. Перспективи вирощування бобових культур в Україні. *Матеріали доповідей III міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 75-ти річчя від дня народження професора Валентини Василівни Калитки «Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату» (26 травня 2021 року)*. Мелітополь, 2021. С. 39–41.
29. Воронкова Г. М., Єрмолаєв В. М., Павлов В. О., Гамаюнова В. В. Можливість покращення стану родючості ґрунту в умовах півдня України на засадах екологізації та ресурсозбереження. *Сучасні аспекти підвищення продуктивності та адаптивного потенціалу у контексті європейського зеленого курсу* : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-річчю від дня заснування Миронівського інституту пшениці імені В.М.Ремесла НААН. 135 – річчю від дня народження Єрмеєва І.М., 125-річчю від дня народження Фрідріха А.Й., 115-річчю від дня народження Ремесла В.М. с. Центральне, 16 листопада 2022. С. 170–171.
30. Вуйко О. М. Вплив мікродобрив та біопрепаратів на формування врожайності гороху посівного. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. №. 1. С. 45–54.
31. Вуйко О. М. Роль мікроелементів у формуванні врожаю гороху посівного. *П'ята міжнародна конференція молодих учених: Харківський природничий форум (19-20 травня 2022 р., м. Харків): збірник тез*. Харків: ХНПУ імені ГС Сковороди, 2022. 277 с. С. 44.
DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.2>

32. Вуйко О. М. Симбіотична активність гороху посівного залежно від сортового складу та передпосівної обробки. *№ 22 (2023): Аграрні інновації*. С. 20-24. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.3>
33. Гавриленко В. С. Формування основних елементів структури урожаю ячменю голозерного ярого залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. № 134. 2023 р. С.24–29. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.4>
34. 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.
35. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. "Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України." *Scientific Progress & Innovations*. 1 2022. С. 38–44. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>
36. Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф., Сидякіна О. В. Зміна водоспоживання ярих зернових культур за впливу фону живлення та біопрепарату Ескорт-біо. *Агрономіка: економіка та сільське господарство*. 2017. №. 8 (20). С. 13–23.
37. Гамаюнова В., Глушко Т., Смірнова І., Кувшинова А. Значення оптимізації живлення у стабільності формування врожайності зернових культур у зоні Півдня України. Молдова. *Știința Agricolă*. 2018. (2). С. 24–29.
38. 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. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.1>
39. Гамаюнова В.В. Єрмолаєв В.М. Зернобобові в екологічному землеробстві. Інноваційні технології в рослинництві. *VІІІ Всеукраїнська наукова інтернет-конференція 25 квітня 2024 р. м. Кам'янець Подільський, 2024*. С.30–32.

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

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

42. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*, №26. 2024. С. 15-21. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.2>

43. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Бакланова Т. В. Бобові на півдні, сучасні підходи до вирощування Modern tools and methods of scientific investigations: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference, May 26, 2023. Antwerp, Kingdom of Belgium: European Scientific Platform. С.59–63.

44. Гамаюнова В., Єрмолаєв В., Бакланова Т. Бобові як джерело азоту для органічного землеробства і продовольчої безпеки. *Збірник праць учасників XI міжнародної науково-практичної конференції «органічне виробництво і продовольча безпека»*. Житомир, 2024 С. 94–98.

45. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Бакланова Т. В. Окремі фенологічні показники та врожайність гороху посівного за впливу обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2024. Випуск 104. Частина 1. С331–342. DOI 10.32782/2415-8240-2024-104-1-331-342

46. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Бакланова Т. В. Симбіотична активність бульбочкових бактерій рослин гороху посівного за впливу оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри*.

Міжнародний форум = Food security of Ukraine in the conditions of the war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 30-31 травня 2024 р.) / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 31–34. DOI: <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-78-0-8>.

47. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Воронкова Г. М., Бакланова Т. В., Сидякіна О. В. Бобові рослини в екологічному землеробстві. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції*, 15 листопада 2022 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2022. 170 с. С.77–79.

48. Гамаюнова В. В., Задирко Р. В. [Вплив макро- та мікродобрив на формування врожайності льону олійного в умовах Південного Степу України.](#) *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С.234–240. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.34>

49. Гамаюнова В. В., Касаткіна Т. О., Бакланова Т. В. Агроекономічна оцінка ефективності використання біопрепаратів у вирощуванні ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Agrology*. Дніпро. 2021. Т 4, № 2. С. 65–70. <https://doi.org/10.32819/021008>

50. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування продуктивності соняшнику під впливом позакоренових підживлень сучасними біопрепаратами в умовах Південного Степу України. *Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Agrology*. Дніпро. 2020. Т. 3. №. 4. С. 225–231.

51. Гамаюнова В. В., Манушкіна Т. М., Єрмолаєв В. М., Карпов Е. В. Бобові як екологічний фактор оптимізації ґрунтової родючості, збільшення врожаю та ефективності водоспоживання рослин гороху. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва* : матеріали

всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 119–122.

52. Гамаюнова В. В., Назарчук А. А. Продуктивність та азотфіксуюча здатність сортів сої залежно від факторів вирощування на півдні степу України. *Науково-теорет. зб. «Вісник ЖНАЕУ»*. Житомир: Житомирський НАЕУ, 2014. С. 17–23.

53. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В. Окупність сумісного використання добрив та біопрепаратів на пшениці озимій в Південному Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 1. 2019. С. 41–48.

54. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В., Глушко Т. В. Значення оптимізації живлення та особливостей сорту в ефективному використанні вологи пшеницею озимою в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 22–28. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.3>

55. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., Глушко Т. В. Роль родючості ґрунту і добрив у ефективному використанні вологи. *Наукові основи землеробства у зв'язку з потеплінням клімату: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, Миколаїв, 10–12 лист. 2010 р. Миколаїв : 2010. С. 20–24

56. Гамаюнова В. та ін. Шляхи збереження родючості ґрунтів за обмеженого ресурсного забезпечення. *Collection of scientific papers «SCIENTIA»*. 2023. №. October 27. Pisa, Italia. С. 58–61.

57. Гамаюнова В. В., Туз М. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сортів гороху в Південному Степу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. № 1. С. 46–57.

58. Гамаюнова В., Туз М., Базалій С., Шин Є., Глушко Т. Вплив рострегулюючих препаратів на формування врожайності бобових культур в умовах Південного Степу України. *Молдова Știința agricolă*, nr. 1. 2019. С. 34–40.

59. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Кудріна В. С., Москва І. С. Добір альтернативних соняшнику ярих олійних культур для умов південного Степу України та оптимізація їх живлення. *Житомирський національний агроекологічний університет. Наукові горизонти*. 2019, № 9 (82). С. 27–35 doi: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-27-35

60. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Пилипенко Т. В. Сівозміна як захід ресурсозаощадження та екологічної рівноваги Південного регіону України в повоєнний період. *Climate-smart agriculture: science and practice: Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing*. 2023. С.361–394. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-18>

61. Гангур В.В. Урожайність і якість зерна гороху залежно від попередників та насиченості різноротаційних сівозмін в умовах лівобережного Лісостепу України. *Науковий журнал Інституту зернових культур "Зернові культури"*. Дніпро. 2017. Том 1. №1. С.129–133.

62. 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. 19–33.

63. Гащук О. І., Москалюк О. Є., Медяник М. О. Перспективність розроблення інноваційних рецептур паштетів як повноцінних продуктів оздоровчого харчування. *The 7 th International scientific and practical conference "Innovations and prospects of world science"* (March 2-4, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. 268 p. 2022. С. 85.

64. 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. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0035>.

65. Гирка А. Д., Сидоренко О. В., Ільєнко О. В., Бочевар О. В. Способи підвищення зернової продуктивності гороху в північному Степу України.

Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. №5. С. 58–63.

66. Гончарук І.В. Енергетична незалежність АПК на засадах сталого розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2020. № 17(18). С. 29–36.

67. Гончарук І.В. Досвід формування енергетичної автономії сільських територій: оцінка ролі кооперативів. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. №1. С. 23–40.

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

69. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.

70. Гончар Л. М., Мазуренко Б. М., Пономаренко О. В. Процес проростання насіння гороху за обробки насіння нанорозчином молібдену. Наукові доповіді НУБіП України. №. 4 (86). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.04.014>

71. Ґрунти, їх класифікація і номенклатура. Методичні рекомендації. Укладач: Хотиненко Ольга Миколаївна. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4626/1/Hotynenko_O_Grunty_Mod_1_2.pdf

72. 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. Сер. «Агрономія і біологія». Сумський національний аграрний університет. Суми : СНАУ, 2019. Вип. 3 (37). С. 18–23.

73. Дворецька С. П. та інші. Особливості формування елементів продуктивності рослин гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування культури. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. № 3. С. 56–66.

74. Дворецька С., Любчич О. Мінеральне живлення гороху. *Пропозиція*. 2016. №11. С. 66–72. <https://propozitsiya.com/ua/mineralne-zhivlennya-gorohu.>, (11.03.2019).
75. 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.
76. Дегтярьов Ю. В. "Характеристика надземної та підземної фітомаси чорнозему типового під перелогом." *Вісник Харківського національного аграрного університету імені ВВ Докучаєва*. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 1. Харків. 2017. С. 79–85.
77. Дегтярьов Ю. В., Гавва Д. В., Рєзнік С. В. "Макро-і мікроморфологічна характеристика чорноземів сходу Лісостепу України." *Perspectives of science and education*. 2018. 257 с.
78. Демчук Н. Технологія вирощування гороху. Від вибору сорту до збирання. *SuperAgronom.com*. 2020. Інтернет ресурс: <https://superagronom.com/articles/364-tehnologiya-viroschuvannya-gorohu-vid-viboru-sortu-do-zbirannya>
79. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (станом на 19.06.2024)
80. Дослідна справа в агрономії. Книга друга. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень : навчальний посібник / [Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М. та ін.]. Х. : Майдан, 2016. 298 с.
81. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник : у 2 кн. Книга 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / [Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін.] ; за ред. А. О. Рожкова. Х. : Майдан, 2016. 316 с.,
82. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії [текст]: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2013. 264с.

83. Дідур І. М. Стан та виробництво органічної продукції в Україні. VI Міжнародна науково-практична конференція «*About the problems of science and practice, tasks and ways to solve them*», 26-30 жовтня 2020 р., Мілан, Італія. С. 26–31.
84. Дідур І. М. Формування показників індивідуальної продуктивності зерна сортами гороху різних морфотипів. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. Київ. 2009. Вип.81. С. 80–88.
85. Дідур І. М., Мостовенко В. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гороху овочевого в умовах Лісостепу Правобережного. *Зб. наук. пр. ВНАУ" Сільське господарство та лісівництво"*. Вінниця, 2019. № 15. С. 21–29. DOI: 10.37128/2476626-2019-4-2
86. Дідур І. М., Мостовенко В. В. Динаміка кількості та маси бульбочок азотофіксуючих бактерій гороху овочевого. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 49–59. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4
87. Домарацький Є. О., Базалій В. В., Козлова О. П. Вплив біофунгіцидів і стимуляторів росту на продуктивність соняшнику та якість олійної сировини. *Збірник наукових праць. Зрошуване землеробство*. Випуск 71. 2019. С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.1>
88. Дранус В. В., Небаба К. С. Фінансовоекономічне обґрунтування ефективності вирощування гороху в умовах Лісостепу Західного. *Агросвіт*. № 17-18, 2020. С. 60–66 DOI: 10.32702/2306&6792.2020.17—18.60
89. Єрмолаєв В.М., Гамаюнова В.В., Бакланова Т.В. Окупність складових оптимізації живлення гороху приростом урожаю зерна за вирощування в умовах південного степу України. *Proceedings of the 6th International Scientific Conference «Interdisciplinary Science Studies»* (June 27-28, 2024). Dublin, Ireland, 2024. С.81–85. DOI 10.5281/zenodo.12601920 с.
90. Єрмолаєв В. М., Гамаюнова В. В. Екологічні аспекти використання гороху. *Екологія – філософія існування людства: матеріали X*

Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. м. Київ, 24-25 квітня 2024 р., НУБіП України. Київ, 2024. С. 93–94.

91. Єремко Л. С. та ін. Мінеральне живлення як фактор підвищення фотосинтетичної продуктивності і урожайності посівів гороху. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 50–56. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.06.

92. Єремко Л. С., Сидоренко А. В., Олєпир Р. В., Агафонова С. О. Продуктивність окремих сільськогосподарських культур за застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 3. С. 43–45.

93. 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

94. Журбенко Н. "Оцінка та перспективи виробничого потенціалу сільськогосподарських підприємств в умовах війни." *Економіка та суспільство* 55 (2023). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-116>

95. Заболотний Г. М. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія. Вінниця. 2020. 276 с./Рек. до друку рішенням ВР ВНАУ (Протокол № 6 від 18. 12. 2020 р.). 2020.

96. Заболотний Г. М., Мазур В. А. та ін. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан та перспективи використання. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Вип. №17. С. 30–42.

97. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту у сівоzmінах / за ред. А.С. Заришняка. К.: *Аграрна наука*, 2015. 208 с.

98. Зінченко О. І. Рослинництво: підруч., вид. третє, доповн. і перероб. Умань, 2016. 612 с.

99. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми. ВТД "Університетська книга". 2004. 464 с.

100. Іванів М. О., Возняк В. В. "Водоспоживання сортів сої за зрошення дощуванням в умовах Посушливого Степу України." *Таврійський науковий вісник* № 131. (2023). С. 81–89. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.10>

101. Ільєнко О. В. "Використання ґрунтової вологи посівами гороху вусатого морфологічного типу залежно від норм висіву насіння в умовах північного Степу України." *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2. 2012: 106–110.

102. 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.

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

104. Іщенко В., Козелець Г., Гайдєнко О. Удобрєння гороху за всіма правилами. *Інформаційно-аналітична газета «Агробізнес Сьогодні»*. 2018. №24. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12390 udobrennia-horokhu-za-vsima-pravylamy.html>, (11.03.2019)

105. Іщенко В., Козелець Г., Гайдєнко О., Темченко А. Горох – культура вимоглива до умов вирощування. *Агробізнес сьогодні*. 2016. №7. С. 70–72.

106. Калєнська С. М., Шихман Н. В. Продуктивність сочевиці залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. №4 (26). Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/ejournals/Nd/2011_4/11ksm.pdf.

107. Калєнська С.М., та ін. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*, (25). 2017: 48–57. <https://doi.org/10.47414/np.25.2017.216867>

108. Калініченко О. В. Методичні засади оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва. *Облік і фінанси*. 2016. №. 2. С. 150–155.
109. 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. №210. С.38–46.
110. Камінський В. Ф. Значення сорту в сучасних технологіях вирощування зернобобових культур. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 84–94.
111. 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.
112. 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.
113. 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.
114. Капінос М. В. Агроекономічна та енергетична оцінка елементів технології вирощування сортів гороху в умовах Південного Степу України. 2019.Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. Збірник. Вип. 72 (С. 135–138) <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/15046>
115. 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.
116. Каталог сортів Лембке. 2017.

117. Квасніцька Л. С. Баланс вологи у сівозмінах з кукурудзою. *Вісник ЖНЕАУ*. 2014. №2 (42), Т.1. С. 130–135.
118. 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.
119. Ковальов М. М., Топольний Ф. П., Малаховська В. О. Органічна речовина ґрунту під впливом тривалого сільськогосподарського використання. *Аграрні інновації*. Одеса. 2023. №17. С. 81–87. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.10>
120. Козак О. А., Грищенко О. Ю. Розвиток зернової галузі України на сучасному етапі. *Економіка АПК*. 2016. №. 1. С. 38–47.
121. Козар С. Ф., Халеп Ю. М., Євтушенко Т. А., Вороня О. В. Економічна та енергетична ефективність інокуляції гороху за вирощування культури в системі органічного виробництва. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2023. Вип. 38. С. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.38.51-58>
122. Кондратенко М. І. Формування адаптивності ознак зернової продуктивності колекційних зразків гороху посівного різних морфо типів в умовах правобережного лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Випуск 81. С. 21–30.
123. Колесніков М. О., Пашенко Ю. П., Пашенко Ю. П., Пономаренко С. П. (2020). Вплив біостимуляторів та мікробіологічного препарату на продукційний процес гороху посівного (*Pisum Sativum L.*) в умовах сухого Степу України. *Агробіологія: збірник наукових праць*. № 1 (С. 57–66).
124. 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.
125. Король Л. В. Формування біологічного потенціалу гороху залежно від застосування добрив та регуляторів росту в умовах Лісостепу України :

автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Київ, 2019. 21 с.

126. Коць С. Я. Біологічна фіксація азоту: досягнення та перспективи розвитку. *Фізіологія рослин та генетика*. 2021. Т. 53. №. 2. С. 128–159.

127. Коць С. Я., Петриченко В. Ф. Симбіотичні системи у сучасному ільськогосподарському виробництві. *Вісник аграрної науки*. 2015. №3. С.57–66.

128. 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>

129. Кравченко В., Яценко А., Рогальський С., Вишневська Л., Крикун С. Урожайність зернобобових культур залежно від основного обробітку ґрунту. In The 1 st International scientific and practical conference “European scientific congress”, (Madrid, February 20-22, 2023). *Barca Academy Publishing*. Madrid. Spain. 2023. 469 p. Pp. 22.

130. Крижанівський В. Г. Економічна та енергетична ефективність вирощування гороху, пшениці озимої та буряку цукрового за різних заходів основного обробітку ґрунту. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 27–31.

131. Кудря С. І., Тараріко Ю. О., Кудря Н. А., Дегтярьова З. О. Ефективність різних моделей агроєкосистем. *SWorldJournal: International Scientific Periodical Journal*. SWorld & D. A. Tsenov Academy of Economics – Svishtov. Bulgaria. 2020. Issue №6, Part 7. С 61–66. DOI: 10.30888/2663-5712.2020-06-07-127.

132. Кучер А. Адаптація аграрного землекористування до змін клімату March 2017. *Agricultural and Resource Economics International Scientific E-Journal* 3(1). С.119–138. <http://dx.doi.org/10.51599/are.2017.03.01.10>

133. Лебідь Є. М., Десятник Л. М., Федоренко І. Є. [та ін.]. Особливості вирощування гороху й озимої пшениці в сівоzmінах Степу. *Агроном*. 2018. №3. С. 166–167.

134. Левченко М. В. Особливості виробництва та перспективи використання аналогів м'ясної сировини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2024. №. 1. С. 159–165. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.19>

135. 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. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.29>

136. Лемішко С. М. Екобіологічні заходи реалізації потенціалу продуктивності гороху в умовах північного Степу України: дис. – Дніпровський ДАЕУ, 2021.

137. Лень О. І., Олєпир Р. В., Єремко Л. С. Вплив способів сівби, мінерального живлення та інокуляції насіння на продуктивність нуту в умовах лівобережного Лісостепу. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. №. 20. С. 39–45.

138. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Вплив норм висіву гороху на елементи структури та врожайність зерна. *Scientific Progress & Innovations*. 2019. №. 4. С. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.06>

139. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Продуктивність гороху залежно від сорту та норм висіву. 2020. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2. С.54–62. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-2(106)-6

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

141. Лихочвор В.В, Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НВФ «Українські технології». 2006. С. 346–347.

142. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / за

ред. В. В. Лихочвора, В. Ф.Петриченка : 3-є вид., випр., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.

143. Лопушняк В.І. та ін. 555 питань і відповідей з агрохімії та агрохімсервісу : навч.-довід. посіб. За редакцією В.І. Лопушняка. Львів. Простір-М. 2018. 488 с.

144. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного. Монографія.-Вінниця: ВНАУ, 2019. 345 с./Рек. до друку ВР ВНАУ (Протокол№ 6 від 20.12. 2019 р.). 2019.

145. Мазур В. А., Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Агроєкологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2020. 192 с.

146. Мазур В. А., Дідур І. М., Мостовенко В. В., Мазур О. В. Науково-теоретичне обґрунтування технологічних прийомів вирощування гороху овочевого в умовах Лісостепу правобережного. *Вінниця: ВНАУ. ТОВ" Друк"* 2022. 224 с.

147. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур //навч. посіб. Вінниця: ТВОРИ, 2020.348 с. 2020.

148. Мазур В. А., Поліщук, І. С., Телекало, Н. В., Мордванюк, М. О. (2020). Рослинництво: *навч. посіб. Вінниця: Друк, 2020. Ч. 2. 284 с./Рек. до друку рішенням ВР ВНАУ (протокол№ 3 від 25 верес. 2020)*

149. Мазур В. А. та ін. "Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур." : *монографія. Вінниця. 2021. 180 с. (2021).*

150. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Булигіна М. Є. "Сучасні системи землеробства і проблема обробітку ґрунту." *Агроєкологічний журнал* 2 (2017): 127–134. URL: DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220168>

151. Мойсієнко В. В., Янішевський Л. І., Маційчук В. М. Густота стеблостою та вологозабезпеченість рослин льону олійного. *Вісник ЖНЕАУ*. 2014. №2 (42), Т.1. С. 144–153.
152. Максимов М. В., Лавренко С. О. "Сумарне водоспоживання та ефективність використання води сочевицею залежно від технологічних прийомів вирощування." *Зрошуване землеробство* 65. 2016. С. 46–48.
153. Мачульський Г. М., Пінчук О. В. Навчальний посібник "Ґрунтознавство з основами географії ґрунтів." (2023).
154. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
155. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культур). За ред. В. В. Волкодава. Київ. 2001. 69с.
156. Моргун В. В., Коць С. Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. *Вісник Національної академії наук України*. 2018. №. 1. С. 62–74. DOI: doi.org/10.15407/visn2018.01.062
157. Морозов О. В., Гамаюнова В. В., Сидоренко О. І., Пічура В. І. Еколого-агромеліоративний моніторинг зрошуваних земель: моделювання і прогнозування. Монографія. Херсон: ЛТ-Офіс. 2010. 162 с.
158. Мусатов А. Г., Іщенко В. А. Вплив елементів технології на ефективність вирощування гороху в умовах північного Степу правобережжя України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. №. 1. С. 55–58.
159. 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.
160. Муханов В. М. Історичні аспекти наукового забезпечення, розвитку селекції та агротехніки вирощування сої в Україні в другій половині ХХ–в ХХІ ст. *Гілея: науковий вісник*. 2019. №. 142 (1). С. 108–112.

161. 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. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.14>

162. Небаба К. С. Сучасні технології та економічна ефективність виробництва зерна гороху посівного в умовах Лісостепу Західного. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 лист. 2020 р. Харків, 2020*. С. 92–94,

163. Негрей М. В., Тараненко А. А., Костенко І. С. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*. 2022. № 40. URL: DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38>

164. Недільська У.І. Вплив мікроелементівна життєдіяльність рослин. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика (20 листопада 2020 р.). С. 124–125.

165. Нечипоренко О. М. "Управління ризиками глобальних змін клімату в агропромисловому комплексі України." *Економіка АПК* 4 (2020). <http://dx.doi.org/10.32317/2221-1055.202004006>,

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

167. Новохацький М., Нілова Н., Погорілий П. Сидерати–біологічний фактор відтворення родючості ґрунту. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2015. №. 19. С. 384–396.

168. Огурцов Ю. Є. Урожайність рослин залежно від застосування регуляторів росту рослин і мікродобрива на різних фонах живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. No 2(51). С. 24–28.

169. Огурцов Ю. Є., Рогуліна Л. В. Вплив добрив на урожайність та збір білка сортів гороху різного морфотипу. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 162–166
170. Огурцов Ю. Є., Рогуліна Л. В. Урожайність і якість зерна гороху в залежності від добрив. *Теоретичні й практичні досягнення молодих вчених аграріїв*: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених 11-12 квітня 2006 року. Дніпропетровськ, 2006. С. 46–47.
171. Окрушко С. Є. Вплив контролю бур'янів та мікродобрива на урожайність гороху овочевого. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 152–166. **DOI**: 10.37128/2707-5826-2022-2-12
172. Олійник К. М. Та ін. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на морфофізіологічні аспекти формування врожаю та забезпеченість рослин елементами живлення. *Агроекологічний журнал*. 2020. №. 4. С. 95–105.
173. Основи органічного рослинництва : навч. посіб. / В. Пиндус, О. Гуцаленко, С. Омельчук, Л. Василенко, С. Горбань. Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2022. 326 с.
174. Основи токсикологічної безпеки кормів у сільському господарстві / О. Л. Оробченко, М. Є. Романько, Анат. П. Палій, Анд. П. Палій, О. В. Павліченко, Л. В. Коваленко, М. О. Ярошенко, Ю. М. Коренева, О. В. Курбацька, А. В. Маслюк. Харків : Стиль-Іздат, 2023. 697 с.; іл.
175. Особливості проведення весняно-польових робіт у 2020 році в господарствах Херсонської області. Науково-практичні рекомендації. Херсон: ІЗЗ НААН, 2020. 52 с.
176. Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. [та ін.] Біологічний азот. Київ. *Світ*. 2003. 424с.
177. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В. Вплив біодеструктора стерні на поживний режим ґрунту. *Вісник Львівського НАУ - Агрономія*. №23. 2019. С229–233. <https://doi.org/10.31374/agronomy.2019.01.229>.
178. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В., Дробітько А. В. Урожайність пшениці озимої залежно від попередника та біодеструктора стерні. *Scientific*

Progress & Innovations. №3(94). 2019. С.18–25. doi: 10.31210 / visnyk2019. 03. 02

179. Панцирева Г. В. Вплив кліматичних умов на врожайність і якість зерна люпину білого в умовах правобережного Лісостепу. *Сільське господарство і лісівництво*. Вінниця. 2018. Вип. № 8. С. 25–34.

180. Первачук М. В., Врадій О. І. "Симбіотична фіксація азоту та роль мікроорганізмів у ґрунтоутворенні." *Сільське господарство та лісівництво*. 1 2015. С. 102–113.

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

182. Петриченко В. Ф. Та ін. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. *Web of Scholar*. 2018. Т. 4. №. 6. С. 22–29. DOI: [10.31435/rsglobal_wos/12062018/5769](https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/12062018/5769)

183. 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.

184. 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.

185. Пінчук Н. В. та ін. Контроль чисельності основних шкідників у посівах гороху. *Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. ВНАУ*. 2019. № 15. С. 137–150.

186. 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.

187. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 2. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 286 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/PozniakHruntoznavstvo2char-book.pdf>
188. Полторецький С. П. та ін. Основи екологічного аграрного виробництва: навч. посібник. За ред. С. П. Полторецького, Г. М. Господаренка, В. О. Єщенка. Умань: Видавничо поліграфічний центр "Візаві", 2018. 356 с.
189. Пономаренко С. В. Особливості азотного живлення гороху. Редакційна колегія. *Наукові записки екологічної лабораторії УДПУ*. Вип. 26 / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини; [редкол.: Миколайко В. П., Браславська О. В., Красноштан І. В. [та ін.]; відп. за вип. Совгіра С. В.]. Умань : Видавець «Сочінський М. М., 2023. С. 213–216
190. 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*. Випуск 25. 2017. С.57–71
191. 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.
192. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2021 році. м. Миколаїв 2022. 236 с. <https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/2021.pdf>
193. Рибальченко А. М. Генетичний потенціал зернобобових культур. *Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути: тези доп. II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 4-5 лютого 2021 р. Дніпро. Україна. 2021. Т. 2. 479 с. С. 240.*
194. Рожков А. О., Труш О. К. Польова схожість насіння та збереженість рослин квасолі залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія

«Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». 2018. Вип. 1. С. 215–224. DOI 10.31210/visnyk2018.04.04

195. Ромащенко М. І. та ін. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5–22.

196. Рослинництво: навч. посібник / А.О. Рожков, Є. М. Огурцов. Х.: Тім Пабліш Груп. 2017. 363 с.

197. Руденко В. А. Особливості водного режиму ґрунту під посівами ярого і зимуючого горіхів. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 181–187. DOI:10.32782/2226-0099.2023.131.23.

198. Самойлик Ю. В., Боровик Т. В., Вернигора М. В. Стратегія інноваційного розвитку агропродовольчого сектору економіки в умовах глобалізаційних загроз і викликів. Наукові праці Міжрегіональної академії управління персоналом. *Економічні науки*. Випуск 3 (66), 2022. С.21–28. DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/66-3>

199. Селекція і насінництво гороху посівного / І. М. Безуглий, П. М. Чекригін, О. М. Безугла, А. О. Василенко. *Спеціальна селекція і насінництво польових культур* : навчальний посібник / за ред. В. В. Кириченка. Харків, 2010. С 280–335.

200. Семенда О. В. Напрями підвищення родючості та охорони якості ґрунтів. *Агросвіт*. 2014. №6. С. 58–62.

201. Семенчук І. М., Шкрюбка М. І. "Проблеми збереження та відтворення родючості ґрунтів України." *Агросвіт*. 5. 2018. С. 49–52. http://www.agrosvit.info/pdf/5_2018/9.pdf

202. Сидякіна О. В. Ефективність біодеструкторів у сучасних агротехнологіях. *Таврійський науковий вісник*. № 119. С. 123–129. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.16>

203. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсонський державний аграрно-економічний

університет. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 131. С.196–204.
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25>

204. Сидякіна О. В., Павленко С. Г. Ефективність застосування мікроелементів у системі живлення рослин соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 152–158. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.19>

205. Скрильник Є. В., Гетманенко В. А., Кутова А. М. 2018. Розрахункові моделі балансу гумусу як показника агроекологічної стабільності організації землекористування, *Науковий журнал «Наукові горизонти»*, №7-8 (70). С. 139–144.

206. Соломонов Р. В., Кривенко А. І. Технологія вирощування зимуючого гороху в умовах Півдня України. *Редакційна колегія*. 2021. С. 151.

207. Стоцька С. В. та ін. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2023. №. 129. С. 132–138. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.17>

208. 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.

209. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенко. Київ : Дія, 2005. 288 с.

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

211. Телекало Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування гороху на забезпеченість ґрунту азотом. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво»*. 2017. Вип. 6(T1). С. 97–102.

212. Телекало Н. В. Ефективність використання бактеріальних препаратів при вирощуванні гороху посівного. *Збірник наукових праць ВНАУ «Сільське господарство та лісівництво»*. 2019. №. 14. С. 127–140. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-3-11

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

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

215. Телекало Н. В. Особливості формування зернової продуктивності гороху в умовах правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: збірник наукових праць*. 2013. Вип. 17. (Т.І). С. 316–319.

216. Телекало Н. В. Формування показників індивідуальної продуктивності зерна інтенсивних сортів гороху. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: збірник наукових праць*. 2014. Вип. 22. С. 78–83.

217. 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.

218. 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.

219. Терновий Ю. В. Та ін. Вплив біологічних препаратів на урожайність та посівні якості гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за органічного насінництва. *Агроекологічний журнал*. 2021. №. 3. С. 72–81.

220. Тимошенко Г. З., Коваленко А. М., Новохижній М. В. Вплив елементів технології на накопичення продуктивної вологи у ґрунті та її використання рослинами гороху в Південному Степу. Київ: ДУ «НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 173.

221. Ткаленко Г., Борзих О., Ігнат В. "Сучасний стан застосування біологічних засобів захисту рослин в агроценозах України." *Вісник аграрної науки* 98.12 (2020): 18–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-03>,

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

223. 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. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-3-14

224. Томчук В. В. Управління поживними рештками і мульчею. *The scientific heritage*. Hungary: Budapest, 2020. № 46.Р. 35–45. 2020.

225. Труш О. К., Бобро М. А., Рожков А. О. Вплив передпосівної обробки бактеріальними препаратами насіння квасолі на основні елементи структури врожаю. *Селекція і насінництво*. 2018. № 114. С. 120–127. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.152146.

226. Уланчук В. С. Шляхи підвищення ефективності використання земельних ресурсів у сільськогосподарських підприємствах регіону. *Економіка АПК*. 2009. №9. С. 10–14.

227. Ушкаренко В. О., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

266. Федуняк І. О., Гурська І. С. Сучасні проблеми землекористування в сільському господарстві України *Агросвіт* 6. 2016. С. 3–8. http://www.agrosvit.info/pdf/6_2016.pdf

229. Філатова В. "Наслідки змін клімату на ведення сільського господарства в Україні." *Рекомендовано до друку вченою радою ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» (Протокол № 8 від 18.05. 2022 року):* 241.

230. Франчук М. О., Хаєцький Г. С., Шевчук В. Д. Перспективи розвитку органічного землеробства на території Вінницької області в умовах зміни клімату. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 1. С. 127–136.

231. Ходаківська О., Мартинюк М. "Наслідки впливу воєнних дій на стан аграрного сектору України." *Матеріали конференцій МЦНД* 22.03. 2024; Тернопіль, Україна. 2024. С. 19–23.

232. Чайка Т. О., et al. "Екологізація систем обробітку ґрунту задля відновлення та підвищення родючості ґрунтів." *Scientific Progress & Innovations* 3 (2019): 92–102. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.12>

233. 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.

234. Шевченко М. В. "Системи обробітку ґрунту." *Землеробство*. № 80 2008. С.33–39.

235. 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. DOI 10.31395/2310-0478-2019-2-48-53,

236. 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. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.25>

237. Шкатула Ю. М., Вотик В. О. Фенологічні спостереження за фазами росту і розвитку сортів нуту. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 1 (101). DOI: [https://doi.org/10.31548/dopovid1\(101\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovid1(101).2023.006).

238. Шовкун Т. М. Географія ґрунтів: навчально-методичний посібн. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2023. 65 с.
239. Центи́ло Л.В. Функціонування азотфіксувального симбіозу та продуктивність гороху за різних рівнів удобрення. Сільськогосподарська мікробіологія. 2016. Вип. 24. С. 37–42.
240. Циганська О. І., Слободянюк Е. О. Вивчення впливу біологічних препаратів на розвиток рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 1 (32). С. 205–216. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-16.
241. Цибрій-Сівак Н. В., Бахмат М. І. Ресурсозберігаюче та екологічне значення біологічної азотфіксації квасолі звичайної. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. Випуск 2 (39). 2023. С. 41–48. <http://188.190.33.55:7980/jspui/handle/123456789/12194>
242. Яворов В. М., Бевзюк М. О. Ефективність застосування мінеральних добрив під горох в умовах Південно-Західного Лісостепу України. *Інноваційні технології в рослинництві II всеукраїнська наукова інтернет-конференція*. 2019. С. 191–193.
243. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. Київ. Арістей. 2004. 488 с.
244. Al-Bayati H. J. et al. Role of organic and chemical fertilizer on growth and yield of two cultivars of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Archives*. 2019. Т. 19. №. Supplement 1. С. 1249–1253.
245. Almashova V., Onishenko S., Yevtushenko O. Вплив обробки насіння гороху овочевого бором і молібденом на ріст і розвиток рослин залежно від строків сівби. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*. 2021. Т. 25. №. 1. С. 37–43.
246. Allen J. F. Photosynthesis of ATP–Electrons, Proton Pumps, Rotors, and Poise. (2002). *Cell*, 110 (3), 273–276. doi: 10.1016/s0092-8674(02)00870-x
247. Amtmann A., Hammond J. P., Armengaud P., White P. J. Nutrient Sensing and Signal-ling in Plants: Potassium and Phosphorus. *Incorporating*

Advances in Plant Pathology. 2005. P. 209–257. doi: 10.1016/s0065-2296(05)43005-0.

248. Andrew W. Lenssen^a, Upendra M. Sainju^a, Jalal D. Jabrob^a, Brett L. Allen^b and William B. Stevens^b. 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. 263.

249. Andrushko M., Lykhochvor V., Andrushko O. The influence of variety and rate sowing on the 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.

250. Annicchiarico P. et al. 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. C. 731949.

251. Argaw A., Mnalku A. Symbiotic effectiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 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. C. 410–419.

252. Arun K. Pandey, Diego Rubiales, Yonggang Wang, Pingping Fang, Ting Sun, Na Liu., Pei Xu. Omics resources and omics-enabled approaches for achieving high productivity and improved quality in pea (*Pisum sativum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. T. 134. C. 755–776.

253. Atis I., Acıkalın S. Yield, quality and competition properties of grass pea and wheat grown as pure and binary mixture in different plant densities. *Turkish Journal of Field Crops*. 2020. T. 25. №. 1. C. 18–25.

254. Bloom A. J. The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. *Current Opinion in Plant Biology*. 2015. 25. P. 10–16. doi: 10.1016/j.pbi.2015.03.002

255. Buriak A.A. Methodological approaches to assessing the impact of threats on the environmental security of society in the international security system. *International security studies: managerial, technical, legal, environmental*,

informative and psychological aspects: *International collective monograph*. Oslo: NMBU, 2024. Vol. 2. P. 482–510. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10838779>.

256. Cantaro-Segura H., Huaranga-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.

257. Ciarkowska K., Sołek-Podwika K., FilipekMazur B., Tabak M. Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma*. 2017. Vol. 303. P. 85–92. doi:10.1016/j.geoderma.2017.05.022

258. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment : *Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria* / M. Schonhart, T. Schauppenlehner, M. Kuttner, M. Kirchner and other. *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 145. pp. 39–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2016.02.008>.

259. Duhan J.S., Kumar R., Kumar N., Kaur P., Nehra, K., Duhan S. Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*. 2017. 15, 11–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>.

260. Fugerey-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. C. 104051. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.104051>

261. Hörtensteiner S., Feller U. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany*. 53 (370). 2002. 927–937. doi: 10.1093/jexbot/53.370.927.

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

263. Gamajunova V. V., Khonenko L. G., Gurlja 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. DOI:[10.26886/2414-634X.6\(42\)2020.8](https://doi.org/10.26886/2414-634X.6(42)2020.8)

264. Gamayunova V., Khonenko L., Kovalenko O., Baklanova T. Resource-Saving Measures to Improve Soil Fertility and Increase Plant Productivity Through the Use of Straw. *Ecological Engineering & Environmental Technology* 2024, 25(2), 324–332.

265. Gamayunova V. V., Kuvshinova A. O., Baklanova T. V. The importance of biological preparations in increasing the profitability of growing winter barley in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine *Аграрні інновації*. 2024. No 23. С.38–47. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.6>

266. Gamajunova V. V., Kuvshinova A. O., Kudrina V. S., Sydiakina O. V. Influence of biologics on water consumption of winter barley and sunflower in conditions of Ukrainian Southern Steppe. *Innovative Solutions In Modern Science*. New York. TK Meganom LLC. 2020. № 6 (42). P. 149–176.

267. 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. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2023.46

268. Gaur P.M., Jukanti A.K., Varshney R.K. Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies. *Agronomy*. 2012. Vol.2. P. 199–221.

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

270. Gerhard Moitzi, Helmut Wagentristl, Hans-Peter Kaul, Jaroslav Bernas, Reinhard W. Neugschwandtner. Energy Efficiency of Oat:Pea Intercrops Affected by Sowing Ratio and Nitrogen Fertilization. *Agronomy* 2023, 13(1), 42; <https://doi.org/10.3390/agronomy13010042>.

271. [Hamdollah Eskandari](#) , [Kamyar Kazemi](#). Evaluation of Energy Efficiency of a Common Pea Dry Land Farming System through Application of Complementary Irrigation. *Iranian Journal of Pulses Research*. Volume 14, Issue 2 - Serial 3 28. February 2024. Pages 251–261. [10.22067/IJPR.2023.82881.1061](https://doi.org/10.22067/IJPR.2023.82881.1061)

272. Khan T.N., Meldrum, A. Croser J.S. Pea Overview. Reference Module in Food Science. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00037-8>
273. Kindie Y., Bezabih A., Beshir W. Field Pea (*Pisum sativum* L.) Variety Development for Moisture Deficit Areas of Eastern Amhara. *Advances in Agriculture*. Volume 2019. 6 p. <https://doi.org/10.1155/2019/1398612>.
274. 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>
275. Lavruk V.V. 2017. Feed production as a component of the mechanism of economic modernization of livestock farming. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, 14,1. http://www.visnyke-conom.uzhnu.uz.ua/archive/14_1_2017ua/38.pdf
275. Lachlan Lake, Lydie Guillioni, Bob French, Victor O. Sadras. Field pea. *Crop Physiology Case Histories for Major Crops*. Academic Press. 2021. P. 320-341. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819194-1.00009-8>
276. L. Conner, Stephen Strelkov, Rudolph Fredua-Agyeman, Sheau-Fang Hwang, David Feindel. *Aphanomyces euteiches*: A threat to Canadian field pea production. *Engineering*. 2018. T. 4. №. 4. C. 542–551. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.006>
277. Longfei Wu, Kan-Fa Chang, Robert Księżak J. Reakcja grochu (*Pisum sativum*) na nawożenie mineralne i naturalne. *Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa. Fragm. Agron.* 2017. 34(4). P. 77– 92
278. Lykhochvor V., Andrushko M., Andrushko O. Influence of variety, elements of the fertilization system, sowing rates of seeds on the pea yield (*Pisum sativum*). *Folia pomeranae universitatis technologiae stetinsensis. Folia Pomer.* 173 Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 2020. Wydanie 355(54)2. Pp. 23–30. DOI: 10.21005/AAPZ2020.54.2.03

279. Maathuis F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12 (3). 2009. P. 250–258. doi: 10.1016/j.pbi.2009.04.003
280. Mamine F., Farès M. Barriers and levers to developing wheat–pea intercropping in Europe: A review. *Sustainability*. 2020. T. 12. №. 17. C. 6962. <https://doi.org/10.3390/su12176962>
281. Mazur V. et al. Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of right-bank forest-steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. T. 8. №. 4. C. 26–33.
282. Mazur V., Didur I., Pantsyrev G., & Telekalo N. (2018). Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of right-bank forest-steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 26–33.
283. Nebaba K. S. (2020). Influence of mineral fertilizers and growth regulators on the symbiotik productivity of feald pea in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 1(32), 54–58. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-1-6?>
284. Noryk N.O., Muliarchuk O.I. (2018). Treatment of vegetable peas seeds (*pisum sativum* l., subspecium commune gov) with growth regulators in the Western forest-steppe of Ukraine. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, (28), 86–93. Retrieved from <http://pb.pdatu.edu.ua/article/view/150795>
285. Okrushko S. Yev. Impact of herbicides and growth regulator on corn yield. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № №: 2 (21). P.192–205. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-2-16
286. Parihar A. K. et al. Genetic Advancement in dry pea (*Pisum sativum* L.): retrospect and prospect. *Accelerated Plant Breeding*, Volume 3: Food Legumes. 2020. P. 283–341.
287. Peter C. et al. Impact of energy crop rotation design on multiple aspects of resource efficiency. *Chemical Engineering & Technology*. 40(2), 2017. P. 323–332. <https://doi.org/10.1002/ceat.201600226>

288. Razaq M., Zhang P., Shen H., Salahuddin. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. PLOS ONE, 12 (2), 2017. e0171321. doi: 10.1371/journal.pone.0171321
289. Reckling M., Hecker J.M., Bergkvist G. [et al.]. A cropping system assessment framework. Evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. *European J. of Agronomy*. 2016. V. 76. P. 186–197.
290. Rojo, M. J., Carcedo, S. G., & Mateos, M. P. (1990). Distribution and characterization of phosphatase and organic phosphorus in soil fractions. *Soil Biology and Biochemistry*, 22 (2), 169–174. doi: 10.1016/0038-0717(90)90082-b
291. Schachtman D. P., Reid R. J., Ayling S. M. (1998). Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology*, 116 (2), 447–453. doi: 10.1104/pp.116.2.447.
292. Semenda O., Korman I. " Analysis of the Ukrainian market of vegetables during the war." *International Science Journal of Management, Economics & Finance* 3.1 (2024): 72–80. DOI:<https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20240301.07>
293. Shibairo Solomin I. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilizer application on growth, nodulation and yield of two garden pea genotypes. *Jour. Anim. and Plant Sci*, 2012. №15 (2). P. 2147–2156.
294. Shiv Kumar, Priyanka Gupta, Surendra Barpete, Hasnae Choukri ¹, Fouad Maalouf, Abhimanyu Sarkar Grass pea. The beans and the peas. *Woodhead Publishing*, 2021. C. 273–287. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821450-3.00005-6>
295. Singh R. et al. Conservation tillage and organic nutrients management improve soil properties, productivity, and economics of a maize-vegetable pea system in the Eastern Himalayas. *Land Degradation & Development*. 2021. T. 32. №. 16. C. 4637–4654.
296. Singh S. Examining global competitiveness of Indian agribusiness in the twenty-first-century Asian context: Opportunities and challenges. *Millennial Asia*. 2019. T. 10. №. 3. C. 299-321. <https://doi.org/10.1177/0976399619879889>

297. Smýkal P. et al. Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*. 2012. T. 2. №. 2. C. 74–115. <https://doi.org/10.3390/agronomy2020074>
298. Streltsova L. G., Zhogaleva O. S. Yield and cost-effectiveness of ORMISS-responsive pea varieties. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. T. 659. №. 1. C. 012103. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012103.,
299. Symanowicz B., Kalembsa S., Toczko M. Zmiany zawartości wybranych makroelementów w *Pisum sativum* l. i w glebie pod wpływem zróżnicowanego nawożenia potasowego. *Acta Agrophysica*. 2015. 22(3), 311–321.
300. Tulbek M.C., LamY., Wang P., Asavajaru A. Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. *Sustainable Protein Sources*. 2017. P. 145–164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3>
301. 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>
302. Tripathi H., Narendra Singh Chandel, Pramod Kumar Mishra. (2015). Energy Use and Economical Analysis for Pea Production. *The Madras Agricultural Journal*. 102. 196–200.
303. Tsialtas I. T. et al. Cultivar complementarity for symbiotic nitrogen fixation and water use efficiency in pea-oat intercrops and its effect on forage yield and quality. *Field crops research*. 2018. T. 226. C. 28–37.
304. Yang C., Fan Z., Chai Q. Agronomic and economic benefits of pea/maize intercropping systems in relation to N fertilizer and maize density. *Agronomy*. 2018. T. 8. №. 4. C. 52.
305. Yeremko, L. S., Hanhur, V. V., Kyrychok, O. O., & Sokyрко, D. P. Mineral nutrition as a factor of increasing photosynthetic productivity and yield of field pea. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2019. (3), 50–56. doi: 10.31210/visnyk2019.03.06
306. 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. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.15>

307. Zessner M., Schönhart M., Parajka J., Trautvetter H. A novel integrated modelling framework to assess the impacts of climate and socio-economic drivers on land use and water quality. *Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 579. pp. 1137–1151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.092>.

308. Zhang L., Sun Y. Effects of seed inoculation on pea yield and quality. *Agricultural Research Reviews*, 12(2), 2019. P. 76–88.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

АКТ

впровадження науково-технічної розробки

Автор розробки (організація): **Єрмоласв Вячеслав Миколайович**
(Миколаївський національний аграрний університет)

Назва розробки: Технологія вирощування гороху посівного сорту Мадонна за обробки насіння перед сівбою препаратом Нановіт Мікро та ресурсоощадного живлення для умов ФГ «Синюха» Баштанського району Миколаївської області

Коротка характеристика роботи	Результати впровадження
Впродовж 2023 р. в умовах ФГ «Синюха» було впроваджено Технологію вирощування гороху посівного за внесення до сівби помірної дози комплексного мінерального добрива у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$, проведення передпосівної обробки насіння мікродобривом Нановіт Мікро та позакореневого підживлення на початку бутонізації мікродоб-ривами Нановіт Мікро, Бором, органо-мінеральним добривом Органік Д-2М.	Площа, га: 10,0.
	Урожайність зерна гороху посівного у виробничих умовах господарства за прийнятою технологією: 1,71 т/га.
	Урожайність зерна гороху посівного за рекомендованою нами технологією: в середньому становила 2,38 т/га.
	Приріст урожайності склав 0,77 т/га.
	Економічний ефект від впровадження: за використання розробки умовно чистий прибуток збільшився на 6,55 тис. грн/га за рівня рентабельності 142,9%.

Акт участі у фінансових операціях не приймає.

Представник господарства:

Голова ФГ «Синюха»



Кабак Віталій Сергійович

Представник автора розробки:

Здобувач вищої освіти ступеня

доктора філософії, Миколаївський

національний аграрний університет

Єрмоласв Вячеслав Миколайович

Додаток А.2

Акт Впровадження науково-технічної розробки

Автор розробки (організація) Єрмолаєв Вячеслав Миколайович
(Миколаївський національний аграрний університет)

Назва розробки: Технологія вирощування гороху посівного сорту Мадонна за обробки насіння перед сівбою препаратом Нановіт Мікро та застосування ресурсоощадного живлення

Коротка характеристика розробки	Результати впровадження
Упродовж 2023 року були впроваджені рекомендації В.М. Єрмолаєва, що полягають в удосконаленні елементів технології вирощування гороху посівного, що досягається шляхом передпосівної обробки насіння, внесення до сівби $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення на початку бутонізації мікродобривом Нановіт Мікро.	Площа, га: 17,5.
	Урожайність на контролі, т/га: 2,03.
	Урожайність за впровадження розробки, т/га: 2,58.
	Економічний ефект від впровадження, тис. грн./га: 7,1.
	Інші показники (покращення якості зерна, економія енергоресурсів, трудових витрат та ін.): забезпечило формування високої врожайності зерна з відповідними показниками якості, раціональне використання енергоресурсів, поповнення ґрунту цінною свіжою органічною речовиною та безкоштовним біологічним азотом.

(Фінансовими відносинами не являється)

Представник господарства:

Директор ФГ «Олена» Вознесенського району Миколаївської області, к.с.-г.н.

Олексій ДРОБИТЬКО

Представник автора розробки:

Здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, Миколаївський національний аграрний університет

Вячеслав ЄРМОЛАЄВ

Науковий керівник: д.с.-г.н, професор

Валентина ГАМАЮНОВА