НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЗЕЛІНСЬКИЙ ЮРІЙ АНДРІЙОВИЧ

УДК 633.521:631.53:631.95(477.7)

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН 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
_____ Ю. А. Зелінський

Науковий керівник:
Заєць Сергій Олександрович
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Одеса – 2026

АНОТАЦІЯ

Зелінський Ю. А. **Удосконалення елементів технології вирощування льону олійного за кліматичних змін в умовах Південного Степу України.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія. – Державна установа «Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України», с-ще Полігон, Миколаївського району, Миколаївської області, 2026.

Збільшення виробництва льону олійного є одним з перспективних завдань аграрного сектору України. Ця культура вирізняється універсальністю у використанні, адже практично не залишає відходів, має широке застосування та здатна формувати високі врожаї в різних агрокліматичних регіонах країни. Вона традиційно орієнтована на експорт і стабільно користується попитом на ринку Європейського Союзу. Водночас питання застосування ресурсоощадних технологій живлення льону олійного в Україні вивчені недостатньо й носять поодинокий характер. З огляду на незначну кількість наукових розробок щодо ефективних методів вирощування культури в умовах Південного Степу, особливого значення набуває удосконалення окремих елементів технології, насамперед передпосівної обробки насіння та системи живлення.

Економічний аналіз виробництва льону олійного свідчить про його високу рентабельність, значний експортний потенціал та важливу роль у зміцненні продовольчої безпеки. Збільшення площ його посівів сприятиме розвитку національної економіки та посиленню позицій України на міжнародному аграрному ринку.

Природно-кліматичні умови Південного Степу України, зокрема висока інсоляція та достатнє теплове забезпечення, створюють сприятливі передумови для росту й розвитку льону олійного. Основним обмежувальним чинником в регіоні є нестача вологи, однак завдяки посухостійкості ця

культура зберігає здатність формувати сталі врожаї навіть за умов недостатнього зволоження.

Максимальним сумарне водоспоживання льону олійного нами визначено у 2023 році, воно становило 3414 м³/га завдяки сприятливому зволоженню у тому числі значній кількості опадів (2574 м³/га, або 75,4%). У посушливому 2024 році цей показник знизився до 1320 м³/га, причому атмосферні опади забезпечували лише 38,1% , а решта балансу припадала на ґрунтову вологу. У 2022 році водоспоживання становило 1614 м³/га, з яких 53,4% припадало на опади і 46,6% – на запаси ґрунтової вологи. У середньому за 2022–2024 рр. сумарне водоспоживання склало 2116 м³/га, з яких 62,1% забезпечували атмосферні опади, а 37,9% – ґрунтова волога. Встановлено дуже тісний кореляційний зв'язок між водоспоживанням та рівнями врожайності насіння досліджуваних сортів (R^2 = 0,9949–0,9997). Найнижчим коефіцієнт водоспоживання визначено у 2024 році у варіанті комплексного живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + передпосівна обробка Азотофітом + позакореневі підживлення Органік баланс і Боропті + Азотофіт на початку наливу насіння): для сорту Добродар він склав 904,1 м³/т, Запорізький богатир – 923,1 м³/т, а Водограй – 963,5 м³/т, що було в 1,4 рази нижче контролю. За інших варіантів живлення коефіцієнт знижувався в середньому в 1,2 рази. Виявлено дуже сильний кореляційний зв'язок між коефіцієнтом водоспоживання та рівняи врожайності насіння (R^2 = 0,9995–0,9999).

Площа листкової поверхні льону значно обумовлювалася особливостями сорту, варіантами живлення та передпосівної обробки насіння. Уже у фазі «ялинки» спостерігали тенденцію до її збільшення (0,39–0,48 тис. м²/га) залежно від оптимізації живлення. Найбільш інтенсивно наростання листкової поверхні відбувалося у фазі бутонізації, максимальним значення 21,3 тис. м²/га визначено у сорту Добродар за комплексного застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$, Азотофіту та позакореневих підживлень, тоді як у контролі площа становила лише 16,6–17,5 тис. м²/га. У фазу цвітіння цей показник зріс до 26,4 тис. м²/га у сорту Добродар та 25,8 тис. м²/га – у сорту Запорізький богатир, що значно

перевищувало контроль 20,3–21,5 тис. м²/га. До фази зеленої стиглості насіння площа листкової поверхні рослин вже дещо зменшувалася внаслідок відмирання листків, проте у варіантах із комплексним живленням вона залишалася високою – до 23,6 тис. м²/га. Найбільшими показники площі листків формувалися за інтегрованої системи живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті + Азотофіт), особливо у разі передпосівної обробки насіння Азотофітом. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні у фазу цвітіння та врожайністю насіння (R^2 = 0,9554–0,9646), з найвищими значеннями у 2023 році та найнижчими у посушливому 2024 році.

Накопичення абсолютно сухої біомаси відбувалося поступово, зростаючи від початкових фаз до повної стиглості насіння, що засвідчує активне формування вегетативної маси. У контрольному варіанті воно досягло 2,28 т/га, тоді як передпосівна обробка Азотофітом підвищувала цей показник до 2,40 т/га (+5,3%). Застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечило накопичення біомаси 2,55–2,68 т/га, а поєднання з позакореневими підживленнями сприяло зростанню до 3,40–3,56 т/га, що підтверджує високу ефективність інтегрованої системи живлення у стимулюванні ростових процесів і підвищенні продуктивності культури. Чиста продуктивність фотосинтезу була найнижчою у контролі й становила 2,00–2,17 г/м²/добу у фазу ялинка–бутонізація та лише 0,90 г/м²/добу у фазу цвітіння–зелена стиглість насіння. Внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ підвищувало фотосинтетичну активність, тоді як комплексне застосування мінеральних добрив і сучасних препаратів забезпечувало максимальні показники – 7,68–8,05 г/м²/добу у фазу бутонізація–цвітіння та 2,50 г/м²/добу у фазу цвітіння–зелена стиглість насіння. Навіть без застосування мінерального добрива позакореневі підживлення препаратами підвищувало ЧПФ до 6,50–6,73 г/м²/добу, що значно вище контролю. Передпосівна обробка насіння Азотофітом сприяла додатковому зростанню фотосинтетичної активності. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між урожайністю насіння та ЧПФ (R^2 = 0,7683–0,9675).

Фотосинтетичний потенціал посіву льону олійного залежав від живлення та передпосівної обробки насіння. У контролі у фазу ялинки він визначений на рівні173,0–179,8 тис. м²·діб/га, тоді як комплексне застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ із позакореневими підживленнями (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) підвищило його до 211,2–216,7 тис. м²·діб/га. Найбільший приріст ФП спостерігали у фази бутонізація–цвітіння та цвітіння–зелена стиглість. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між ФП і врожайністю насіння (R^2 = 0,9433–0,9836).

Обробка насіння Азотофітом підвищувала врожайність на 15–20 % завдяки кращому стартовому росту та подальшому формуванню генеративних органів. У контролі врожайність склала 0,82–0,87 т/га, внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечувало приріст на 17–21 %, а позакореневі підживлення – ще більше. Максимальною врожайність сформована сортом Добродар – 1,56–1,64 т/га (за передпосівної обробки насіння Азотофітом), тоді як за обробки водою – лише 1,33–1,38 т/га. Аналізом варіабельності підтверджено значний вплив взаємодій факторів до 22 %, що свідчить про рівноцінність сортів у їх реакції на удосконалені елементи ресурсозберігаючої технології.

У контрольних варіантах рослини формували найменшу кількість коробочок (6,77–7,01 шт./рослину). Внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ збільшувало цей показник до 8,90–9,22 шт./рослину, а проведення позакореневих підживлень – до 10,26–11,29 шт./рослину. Найбільший ефект проявляв сорт Водограй (11,09–11,29 шт./рослину), тоді як у сортів Добродар та Запорізький богатир ці показники були дещо нижчими. Проте різниця була несуттєвою, що підтверджує адаптованість сортів у здатності реагувати на живлення. Передпосівна обробка насіння Азотофітом призводила до деякого збільшення кількості коробочок. Кореляційним аналізом визначено тісний зв'язок між кількістю коробочок, врожайністю та масою 1000 насінин.

Кількість насінин у коробочці змінювалася незначно і залежала переважно від особливостей сорту (6,83–8,04 шт.), тоді як інші елементи технології впливали меншою мірою. За передпосівної обробки насіння

Азотофітом кількість насінин у коробочці дещо зростала у середньому на 0,13-0,14 г. Натомість, маса 1000 насінин залежала і від сорту, і від технології: у сорту Водограй – 7,5–7,8 г, Добродар – 8,1–8,4 г, а Запорізький богатир – 8,7–9,4 г.

Вміст сирого жиру в насінні контрольних варіантів становив 47,8–48,2%. Внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ підвищувало його на 0,3–0,4%, а за оптимізації живлення – до 49,3–49,6%. Передпосівна обробка насіння Азотофітом забезпечувала додаткове збільшення вмісту жиру на 0,2%, що підтверджено високою кореляцією (R^2 = 0,6783–0,936).

Умовний вихід олії змінювався від 0,39–0,42 т/га у контролі до 0,74–0,77 т/га за удосконаленої технології з обробкою насіння Азотофітом, а позакореневі підживлення сучасними препаратами – на 0,08–0,13 т/га. Більший умовний вихід олії забезпечували сорти Добродар і Запорізький богатир.

Вартість валової продукції коливалася від 23,5 до 44,8 тис. грн/га. Передпосівна обробка насіння Азотофітом забезпечувала її приріст на 6,0–6,3 тис. грн/га та зниження собівартості на 14–15%. Рівень рентабельності перевищував 100% за максимуму 111,4% у сортів Добродар та Запорізький богатир.

Найвищий енергетичний коефіцієнт 32,0 ГДж/га визначено за вирощування сорту Добродар, внесення комплексного добрива та проведення підживлень, що у 1,9 рази перевищувало контроль. Передпосівна обробка насіння Азотофітом збільшувала приріст енергії на 14,3–25,0%, а оптимізація живлення – на 46,1–51,1%. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності 1,44 визначено у сортів Добродар і Запорізький богатир.

Ключові слова: льон олійний, передпосівна обробка насіння, мінеральні добрива, сучасні біопрепарати, ресурсоощадне живлення, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, висота рослин, структура врожаю, кількість коробочок, маса 1000 насінин, урожайність, якість насіння, вміст жиру, умовний збір олії, кореляційний зв’язок, економічна та енергетична ефективність.

ANNOTATION

Zelinskyi Yu. A. **Improvement of the Elements of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation Technology under Climate Change Conditions in the Southern Steppe of Ukraine.** – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 Agronomy. – State Institution "Mykolaiv State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the NAAS of Ukraine", Polyhon village, Mykolaiv district, Mykolaiv region, 2026.

The increase in linseed (oil flax) production is one of the promising objectives of Ukraine's agricultural sector. This crop stands out for its versatility of use, as it produces virtually no waste, has wide-ranging applications, and is capable of yielding high yields across various agro-climatic regions of the country. Traditionally export-oriented, linseed remains in stable demand on the European Union market. At the same time, the issue of resource-saving fertilization technologies for linseed in Ukraine has not been sufficiently studied and remains fragmentary. Given the limited number of scientific developments concerning efficient cultivation methods in the conditions of the Southern Steppe, special importance is placed on improving certain technological elements – primarily seed pre-sowing treatment and the fertilization system.

Economic analysis of linseed production reveals its high profitability, significant export potential, and crucial role in enhancing food security. Expanding its sown area will contribute to the development of the national economy and enhance Ukraine's position in the international agricultural market.

The natural and climatic conditions of the Southern Steppe of Ukraine – in particular, high solar radiation and sufficient heat supply – create favorable prerequisites for the growth and development of linseed. The main limiting factor in the region is moisture deficiency; however, due to its drought tolerance, the crop maintains the ability to produce stable yields even under conditions of insufficient precipitation.

The maximum total water consumption of linseed was recorded in 2023, amounting to 3414 m³/ha as a result of favorable moisture conditions, including a significant share of rainfall (2574 m³/ha, or 75.4%). In the dry year of 2024, this indicator decreased to 1320 m³/ha, with atmospheric precipitation providing only 38.1%, and the remainder supplied by soil moisture. In 2022, water consumption reached 1614 m³/ha, of which 53.4% came from rainfall and 46.6% from soil reserves. On average for 2022–2024, total water consumption was 2116 m³/ha, comprising 62.1% from atmospheric precipitation and 37.9% from soil moisture.

A very strong correlation (R^2 = 0.9949–0.9997) was established between water consumption and the seed yield levels of the studied varieties. The lowest water consumption coefficient was recorded in 2024 under the integrated nutrition system ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + seed pre-treatment with Azotophyt + foliar feeding with Organic Balance and Boropt + Azotophyt at the beginning of seed filling): for the Dobrodar variety – 904.1 m³/t, Zaporizkyi Bohatyr – 923.1 m³/t, Vodohrai – 963.5 m³/t, which was 1.4 times lower than the control. Under other nutrition variants, the coefficient decreased on average by 1.2 times. A very strong correlation (R^2 = 0.9995–0.9999) was also identified between the water consumption coefficient and seed yield levels.

The leaf area of linseed plants was significantly influenced by the variety characteristics, nutrition variants, and pre-sowing seed treatment. Already at the “Christmas tree” growth stage, a tendency toward its increase was observed (0.39–0.48 thousand m²/ha), depending on the optimization of plant nutrition. The most intensive growth of leaf area occurred during the budding stage, with the maximum value of 21.3 thousand m²/ha recorded for the Dobrodar variety under the combined application of $N_{15}P_{15}K_{15}$, Azotophyt, and foliar feeding, while in the control treatment, the leaf area reached only 16.6–17.5 thousand m²/ha. During the flowering stage, this indicator increased to 26.4 thousand m²/ha in Dobrodar and 25.8 thousand m²/ha in Zaporizkyi Bohatyr, which significantly exceeded the control (20.3–21.5 thousand m²/ha). By the green seed maturity stage, the leaf area had decreased slightly due to leaf senescence; however, under integrated nutrition, it

remained high, at 23.6 thousand m²/ha. The largest leaf area was formed under the integrated nutrition system ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Organic Balance + Boropt + Azotophyt), particularly when the seeds were pretreated with Azotophyt.

A strong correlation was established between the leaf area at the flowering stage and seed yield (R^2 = 0.9554–0.9646), with the highest correlation observed in 2023 and the lowest in the dry year of 2024.

The accumulation of absolutely dry biomass increased gradually from the early growth stages to full seed maturity, reflecting active vegetative growth. In the control treatment, biomass accumulation reached 2.28 t/ha, while pre-sowing treatment with Azotophyt increased it to 2.40 t/ha (+5.3%). The application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ provided 2.55–2.68 t/ha, and its combination with foliar feeding further increased biomass accumulation to 3.40–3.56 t/ha, confirming the high efficiency of the integrated nutrition system in stimulating growth processes and improving crop productivity.

The net photosynthetic productivity (NPP) was lowest in the control, amounting to 2.00–2.17 g/m²/day during the “Christmas tree–budding” phase and only 0.90 g/m²/day during “flowering–green seed maturity.” Application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ enhanced photosynthetic activity, while the combined use of mineral fertilizers and modern biostimulants achieved the highest values – 7.68–8.05 g/m²/day during “budding–flowering” and 2.50 g/m²/day during “flowering–green seed maturity.” Even without mineral fertilizers, foliar feeding alone increased NPP to 6.50–6.73 g/m²/day, which was significantly higher than the control. Pre-sowing seed treatment with Azotophyt further stimulated photosynthetic activity.

A strong correlation (R^2 = 0.7683–0.9675) was found between seed yield and net photosynthetic productivity, confirming the decisive role of photosynthetic efficiency in determining linseed productivity under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

The photosynthetic potential (PP) of linseed crops depended on both nutrition and pre-sowing seed treatment. In the control, at the “Christmas tree” stage, PP was 173.0–179.8 thousand m²·days/ha, while the combined application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ with

foliar feeding (Organic Balance, Boropti, Azotophyt) increased it to 211.2–216.7 thousand m²·days/ha. The greatest increase in PP was observed during the budding–flowering and flowering–green seed maturity stages. A strong correlation was established between PP and seed yield (R^2 = 0.9433–0.9836).

Seed treatment with Azotophyt increased seed yield by 15–20% due to improved early growth and enhanced formation of generative organs. In the control, yield reached 0.82–0.87 t/ha, while the application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ increased it by 17–21%, and foliar feeding raised it even further. The highest yield was recorded for the Dobrodar variety – 1.56–1.64 t/ha (with pre-sowing treatment using Azotophyt), compared to 1.33–1.38 t/ha with water treatment. Variability analysis confirmed a significant influence of factor interactions (up to 22%), indicating that all varieties responded equally well to the improved elements of the resource-saving technology.

In the control treatments, plants formed the fewest capsules (6.77–7.01 per plant). Application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ increased this number to 8.90–9.22, while foliar feeding raised it further to 10.26–11.29 capsules per plant. The Vodohrai variety showed the greatest effect (11.09–11.29 capsules per plant), while Dobrodar and Zaporizkyi Bohatyr had slightly lower values. However, the difference was minor, confirming the varieties' adaptability and responsiveness to nutrition. Pre-sowing seed treatment with Azotophyt slightly increased the number of capsules. Correlation analysis revealed a strong relationship between the number of capsules, seed yield, and 1000-seed weight.

The number of seeds per capsule varied slightly, primarily due to varietal characteristics (6.83–8.04 seeds), while other technological factors had a lesser influence. Pre-sowing treatment with Azotophyt slightly increased the seed weight per capsule by 0.13–0.14 g on average. However, the 1000-seed weight depended on both the variety and the cultivation technology: Vodohrai – 7.5–7.8 g, Dobrodar – 8.1–8.4 g, and Zaporizkyi Bohatyr – 8.7–9.4 g.

The crude oil content in the control variants ranged from 47.8% to 48.2%. Application of $N_{15}P_{15}K_{15}$ increased it by 0.3–0.4%, while optimized nutrition raised it to 49.3–49.6%. Pre-sowing seed treatment with Azotophyt resulted in an

additional 0.2% increase in oil content, as confirmed by a high correlation (R^2 = 0.6783–0.936).

The conditional oil yield varied from 0.39 to 0.42 t/ha in the control to 0.74 to 0.77 t/ha under the improved technology with Azotophyt seed treatment, and foliar feeding further increased it by 0.08 to 0.13 t/ha. The Dobrodar and Zaporizkyi Bohatyr varieties provided the highest oil yields.

The gross product value ranged from 23.5 to 44.8 thousand UAH/ha. Pre-sowing seed treatment with Azotophyt increased it by 6.0–6.3 thousand UAH/ha, while reducing production costs by 14–15%. The profitability level exceeded 100%, reaching a maximum of 111.4% for the Dobrodar and Zaporizkyi Bohatyr varieties.

The highest energy output – 32.0 GJ/ha – was obtained with the Dobrodar variety when using complex fertilizers and foliar feeding, which was 1.9 times higher than the control. Pre-sowing seed treatment with Azotophyt increased energy gain by 14.3–25.0% and optimized nutrition by 46.1–51.1%. The maximum energy efficiency coefficient (1.44) was recorded for the Dobrodar and Zaporizkyi Bohatyr varieties.

Key words: linseed, pre-sowing seed treatment, mineral fertilizers, modern biostimulants, resource-saving nutrition, total water consumption, water consumption coefficient, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, plant height, yield structure, number of capsules, 1000-seed weight, yield, seed quality, oil content, oil yield, correlation relationship, economic and energy efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

СТАТТІ У ФАХОВОМУ ВИДАННІ УКРАЇНИ

1. **Зелінський Ю. А**. Урожайність льону олійного залежно від передпосівної обробки насіння, сортових особливостей та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 193–199. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.31.

2. **Зелінський Ю. А**. Аналіз сучасного стану та перспектив вирощування льону олійного: Україна в контексті світових змін. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 333–341. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.51.

3. **Зелінський Ю. А**. Вплив факторів вирощування на водоспоживання сортів льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 270–276. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.37.

4. **Зелінський Ю. А**. Оптимізація живлення сортів льону олійного у впливі на олійність насіння в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2025. № 39. С. 106–115. DOI: 10.36710/IOC-2025-39-10.

5. **Зелінський Ю. А**. Вплив ресурсозберігаючих підходів до живлення на фотосинтетичну активність сортів льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145, ч. 1. С. 127–133. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.15

МОНОГРАФІЯ

1. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., **Зелінський Ю. А**., Пилипенко Т. В. Диверсифікація культур олійної групи як можливість раціонального використання природних ресурсів у зоні Південного Степу

України (на прикладі Миколаївської області). *Раціональне використання природних ресурсів в умовах глобальних викликів* : колективна монографія / за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Астрая, 2025. С. 355–375. ISBN 978-617-8466-38-1.

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

1. **Зелінський Ю. А**. Льон олійний як стратегічна культура для сталого розвитку аграрного сектору України. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри* : доповіді учасників Міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 28–30 травня 2025 р. / М-во освіти і науки України ; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2025. С. 82–84. DOI: https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-25.

2. **Зелінський Ю. А**., Гамаюнова В. В. Перспективи вирощування льону олійного в Україні за зміни кліматичних умов. *Global Trends in Science: Research, Innovation and Development* : collection of scientific papers with the proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Varna, Bulgaria, June 23–25, 2025 / European Open Science Space. Varna, 2025. P. 15–18.

3. **Зелінський Ю. А**. Вплив ресурсоощадного живлення на площу листкової поверхні сортів льону олійного. *Progressive Approaches in Science and Engineering* : collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Copenhagen, Denmark, July 23–25, 2025 / International Scientific Unity. Copenhagen, 2025. P. 15–19. DOI: 10.70286/ISU-23.07.2025.

4. **Зелінський Ю. А**. Структура врожаю та продуктивність льону олійного за оптимізації ресурсоощадного живлення в Південному Степу України. *Innovative Research in Science and Economy* : collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Brussels, Belgium, July 30 – August 1, 2025 / International Scientific Unity. Brussels, 2025. P. 14–19. DOI: 10.70286/ISU-30.07.2025.

5. **Зелінський Ю. А**. Оптимізація живлення та передпосівної обробки насіння як чинники підвищення енергетичної ефективності льону олійного в Південному Степу України. *Science and Technology: Theory, Practice and Progress* : collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Krakow, Poland, September 3–5, 2025 / International Scientific Unity. Krakow, 2025. P. 13–17.

6. **Зелінський Ю. А.** Вплив сортових особливостей та елементів технології вирощування на масу 1000 насінин і врожайність льону олійного в умовах змін клімату. *Ротмістровські читання. Частина 2: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, смт Хлібодарське, 25 вересня 2025 р. Одеса : Одеська ДСДС ІКОСГ НААН, 2025. С. 34–39.

7. **Зелінський Ю. А**. Перспективи вирощування льону олійного в умовах зміни клімату за впровадження ресурсозберігаючих технологій. *Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, с-ще Полігон, Миколаївського району, Миколаївської області, 9 жовтня 2025 р. / Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України. Миколаїв, 2025. С. 116–119.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Методичні рекомендації для сільгосптоваровиробників Миколаївщини з проведення агроекологічного вивчення та розроблення економічного обґрунтування трансферу нішевих олійних культур в агропромисловому комплексі Миколаївської області / В. В. Гамаюнова, Т. В. Бакланова, Л. Г. Хоненко, **Ю. А. Зелінський**, Т. В. Пилипенко. Полігон, Миколаївський р-н, Миколаївська обл. : Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, 2025. 25 с.

ЗМІСТ

		Стор
	АНОТАЦІЯ.....	2
	ANNOTATION.....	7
	СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	12
	ВСТУП……..……..……..	18
РОЗДІЛ 1	НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ФАКТОРИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО……..…….	28
1.1.	Агробіологічні та економічні передумови вирощування льону олійного в умовах кліматичних змін….	28
1.2.	Значення особливостей сорту та вплив їх добору на продуктивність льону олійного …….……..	43
1.3.	Вплив передпосівної обробки насіння, добрив та сучасних препаратів на врожайність і якість насіння льону олійного……	48
	Висновки до розділу 1…….…….	58
	Публікації за розділом 1……..……..	60
РОЗДІЛ 2	ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ЗОНИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ……...	62
2.1.	Основні характеристики чорнозему південного ..……..	62
2.2.	Погодно-кліматичні умови зони досліджень…..……...	69
2.3.	Методика проведення досліджень…….…….	74
2.4.	Характеристика сортів та біопрепаратів, які взяті на дослідження……..……..……	78
	Висновки до розділу 2…….…….	83
РОЗДІЛ 3	СУМАРНЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ, ЙОГО БАЛАНС ТА КОЕФІЦІЄНТ ВОДОСПОЖИВАННЯ ЗАЛЕЖНО	

	ВІД ФАКТОРІВ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО…….……	85
	Висновки до розділу 3…..…….	93
	Публікації за розділом 3……..……..	94
РОЗДІЛ 4	ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ІНШИХ ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ…….…….	95
4.1.	Наростання площі листкової поверхні та сухої біомаси рослинами льону олійного упродовж вегетації……..….	95
4.2.	Вплив досліджуваних факторів вирощування льону олійного на процеси фотосинтезу……...	105
	Висновки до розділу 4…….	111
	Публікації за розділом 4……..	113
РОЗДІЛ 5	ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ, СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ…….....	114
5.1.	Урожайність сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів……...……	114
5.2.	Елементи структури та їх зміни за впливу факторів вирощування, які обумовлюють рівні урожайності ……	122
5.3.	Вплив досліджуваних факторів та років вирощування на вміст жиру в насінні льону олійного та умовний вихід олії з одиниці площі……...…….	131
	Висновки до розділу 5…….	142
	Публікації за розділом 5……..	144

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСЛІДЖУВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО…… 146

6.1. Економічна оцінка елементів технології вирощування сортів льону олійного …… 146

6.2. Енергетична ефективність розроблених елементів технології вирощування насіння льону олійного …..…. 159

Висновки до розділу 6……..……. 170

Публікації за розділом 6……..…….. 173

ВИСНОВКИ……...…… 174

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ……..……... 177

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..…… 179

ДОДАТКИ……...…… 208

ВСТУП

Вирощування та переробка олійних культур традиційно посідають важливе місце у структурі аграрного виробництва, оскільки продукти їх переробки – зокрема рослинні олії – мають широке застосування не лише у харчовій промисловості, а й у фармацевтиці, косметології та низці інших галузей. Олійні культури вирізняються стійкою динамікою зростання і є найбільш важливими в економічному розвитку та сталості експортного потенціалу країни.

Найбільшу частку посівних площ олійних в Україні традиційно займають такі культури, як соняшник, соя і ріпак, які забезпечують основний обсяг як внутрішнього споживання, так і експортних поставок [28, 131, 219]. Однак поряд з ними все більшу зацікавленість знаходять поки що нішеві олійні культури – зокрема льон олійний, гірчиця, рижій, сафлор [103, 121, 139, 151, 202]. Саме ці культури розглядають як додатковий ресурс для диверсифікації виробництва, підвищення рентабельності сільськогосподарських підприємств та освоєння нових пропозицій ринку.

Експортна орієнтація українського виробництва олійних культур створює передумови для залучення додаткових інвестицій у галузь, сприяє модернізації виробництва та розвитку інфраструктури. Зокрема, льон олійний користується зростаючим попитом на зовнішніх ринках, що зумовлено високою якістю насіння та вищими закупівельними цінами. Саме з цієї причини льон олійний стає більш перспективним для агровиробників, особливо за умови ефективного використання ґрунтово-кліматичного потенціалу регіону та змін клімату.

У зв’язку з цим особливої актуальності набувають наукові дослідження, спрямовані на удосконалення технологій вирощування, підвищення рівня врожаю та якості насіння за новітніх підходів до оптимізації живлення рослин. До того ж цей елемент технології доцільно розробляти із залученням заходів ресурсозбереження, враховуючи нинішній економічний стан господарств.

Сучасні тенденції розвитку світового та вітчизняного ринку засвідчують перспективність збільшення виробництва льону олійного як для задоволення внутрішнього попиту, так і для зміцнення позицій України на міжнародному ринку олійних культур.

Актуальність теми дослідження. За сучасних умов глобальних змін клімату, посилення проблем деградації ґрунтів та зростання вимог до якості сільськогосподарської продукції і сировини, особливого значення набувають пошуки ефективних елементів технології, які здатні забезпечити сталу врожайність і високу якість продукції навіть за екстремальних погодних умов. Однією з таких культур, що вирізняється високою адаптивністю до умов Південного Степу України та має значний експортний і технологічний потенціал, є льон олійний (*Linum usitatissimum* L.).

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю комплексного підходу до оптимізації елементів технології вирощування льону олійного, який передбачає добір адаптованих сортів, проведення передпосівної обробки насіння, удосконалення основного і позакореневого живлення рослин. Саме взаємодія цих факторів визначає інтенсивність ростових процесів, посилює стійкість рослин до абіотичних стресів (посух, дефіциту опадів, підвищених температур, їх перепадів), поліпшення споживання елементів живлення та в підсумку – формування сталого рівня врожаю з високими показниками якості насіння.

Добір сорту – один із основних елементів адаптації технології вирощування до умов конкретної ґрунтово-кліматичної зони. Однак навіть перспективні сорти не завжди здатні повною мірою реалізувати свій потенціал продуктивності без належного живлення, починаючи з передпосівної обробки насіння, яка сприяє кращому стартовому росту та знижує ризики стресу в початкові фази органогенезу, посилює розвиток кореневої системи. У свою чергу, застосування мінеральних добрив забезпечує наростання потужної біомаси та генеративних органів, а позакореневі підживлення сучасними препаратами дозволяють вчасно коригувати дефіцит елементів живлення у

критичні фази розвитку, активізуючи ростові процеси та підвищуючи врожайність і якість насіння.

Особливої значущості дослідження набуває у зв'язку з потребою переходу до ресурсоощадних та екологічно безпечних технологій, що базуються на точному управлінні живленням та екологічній ефективності вирощування культури. Для умов Південного Степу України, де часто мають місце дефіцит вологи, тривалі посухи та високі температури в період вегетації, використання адаптованих сортів у поєднанні з комплексним живленням рослин навіть на засадах ресурсозбереження відкриває шлях до ведення сталого землеробства.

Таким чином, комплексне дослідження впливу сортів, передпосівної обробки насіння, мінерального добрива та проведення позакореневих підживлень сучасними препаратами у вирощуванні льону олійного є актуальним і своєчасним. Отримані результати дозволять удосконалити технологію вирощування, сприятимуть підвищенню ефективності та рентабельності виробництва льону олійного в умовах Південного Степу України, дозволять більш повно реалізувати потенціал культури в умовах змін клімату та збільшити його площі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційну роботу виконано згідно тем науково-дослідних робіт Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції ІКОСГ НААН 41.02.00.21.П «Підвищення ефективності трансферу інновацій у агропромисловий комплекс Миколаївської області» (№ держреєстрації: 0120U105602) та 41.02.00.43.П. «Інтенсифікація та підвищення ефективності трансферу інновацій у агропромисловий комплекс Миколаївської області» (№ держреєстрації: 0124U001478).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було науково обґрунтувати вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт та ресурсоощадного живлення – зокрема, внесення помірної дози комплексного добрива перед сівбою у поєднанні з позакореневими підживленнями – на

врожайність і якість насіння сортів льону олійного Водограй, Добродар і Запорізький богатир за вирощування на чорноземі південному в умовах неполивного землеробства Південного Степу України.

Для реалізації поставленої мети у ході дослідження було визначено такі основні завдання:

- здійснити аналіз сучасних літературних і науково-інформаційних джерел щодо перспектив вирощування та основних технологічних рішень для льону олійного в Україні і світі;
- визначити відповідність ґрунтово-кліматичних характеристик зони вирощування біологічним вимогам досліджуваної культури;
- обґрунтувати зміни погодних умов у роки проведення досліджень;
- визначити загальне водоспоживання та коефіцієнт водоспоживання посівів льону олійного, обґрунтувати їх зміни залежно від добору сорту, передпосівної обробки насіння, внесення основного удобрення і проведення позакореневих підживлень;
- дослідити вплив факторів вирощування на фотосинтетичну діяльність посівів, зокрема площу листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чисту продуктивність фотосинтезу;
- вивчити закономірності формування врожайності насіння льону олійного за впливу сорту та досліджуваних варіантів живлення;
- оцінити вплив досліджуваних факторів на основні елементи структури врожаю: кількість коробочок на рослині, кількість насінин у коробочці та масу 1000 насінин;
- проаналізувати вплив сортових особливостей та удосконалених елементів технології на накопичення сирого жиру в насінні льону олійного та визначити умовний вихід олії з одиниці площі;
- побудувати кореляційно-регресійні моделі взаємозв’язків між урожайністю насіння та основними досліджуваними показниками рослин сортів льону олійного;

- визначити економічну та енергетичну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування льону олійного.

Об'єктом дослідження були процеси росту й розвитку, формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного за впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт, основного внесення комплексного мінерального добрива та проведення позакореневих підживлень посівів рослин сучасними препаратами у фази 4–6 листків (ялинки), на початку бутонізації та наливу насіння.

Предметом дослідження були сорти льону олійного Водограй, Добродар та Запорізький богатир, способи передпосівної обробки насіння, застосування помірної дози комплексного мінерального добрива, сучасних препаратів, а також показники фотосинтетичної діяльності й водоспоживання посівів, структура врожаю, врожайність та якість насіння, економічна й енергетична ефективність удосконалених елементів технології вирощування.

Методи дослідження. Для забезпечення повного і достовірного виконання поставлених на вирішення наукових завдань було застосовано комплекс методів, а саме:

- **Порівняльно-аналітичний підхід** використовували для вивчення сучасного стану виробництва льону олійного в Україні та провідних країнах світу.
- **Прогностичний метод** застосовували для оцінювання напрямів і перспектив розвитку галузі льонарства.
- **Абстрактно-логічний метод** брали як основу для обґрунтування теоретичних висновків і рекомендацій виробництву на підставі узагальнення отриманих експериментальних даних.
- **Спостереження** для визначення настання фенологічних фаз та інших супутніх спостережень за станом росту і розвитку рослин.
- **Польові дослідження** проводили відповідно принципів типовості, точності, достовірності та відтворюваності результатів за забезпечення коректності біометричних визначень і обліку врожаю.

- **Лабораторні дослідження** застосовували для визначення вологості ґрунту та вмісту жиру в насінні льону.
- **Розрахункові методи** використовували для визначення сумарного водоспоживання, коефіцієнта водоспоживання, а також економічної й енергетичної ефективності досліджуваних елементів технології.
- **Статистичну обробку** результатів виконували для оцінки та порівняння значень експериментальних даних, у тому числі з використанням методів дисперсійного аналізу.
- **Методи моделювання та прогнозування** використовували для побудови кореляційно-регресійних залежностей між урожайністю насіння льону та рядом досліджуваних показників, а також для визначення структурних змін та аналізу взаємозв'язків.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у теоретичному обґрунтуванні та практичній розробці елементів технології вирощування сортів льону олійного (Водограй, Добродар, Запорізький богатир) на засадах ресурсозбереження за поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт, використання помірної дози NPK і сучасних препаратів для позакореневих підживлень. Дослідження проводили на чорноземі південному в умовах Південного Степу України.

Уперше:

 Удосконалено елементи технології вирощування сортів льону олійного (Водограй, Добродар, Запорізький богатир) з орієнтацією на ресурсозбереження, екологічне спрямування виробництва насіння цієї культури та зміни клімату.

 Проведено порівняльну оцінку ростових та продукційних процесів, що відбуваються у рослин сортів льону олійного за проведення передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт та водою.

 Удосконалено підходи до удобрення льону олійного з елементами ресурсозбереження (за використання помірної стартової дози мінерального добрива).

 Визначено ефективність сучасних препаратів для позакореневих підживлень у критичні фази розвитку льону олійного: 4–6 листків, початок бутонізації, початок наливу насіння.

 Проведено визначення економічної та енергетичної ефективності досліджуваних елементів у технології вирощування льону олійного.

Удосконалено:

окремі елементи технології вирощування сортів льону олійного (Водограй, Добродар, Запорізький богатир) шляхом поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратом та впровадження ресурсоощадного живлення рослин для умов Південного Степу України.

Набули подальшого розвитку:

 питання адаптації рослин сортів льону олійного до дії абіотичних чинників, зокрема підвищення ефективності використання природного потенціалу регіону - сонячної енергії, запасів вологи та родючості ґрунту;

 рекомендації щодо впровадження енерго- та економічно ефективних елементів технології вирощування льону олійного, здатних забезпечити екологічну рівновагу, зменшити антропогенний тиск на ґрунти, сприяти розвитку аграрного сектору, збільшити експортний потенціал і зміцнити позиції України на міжнародному аграрному ринку.

Практичне значення отриманих результатів полягає в обґрунтуванні доцільності впровадження адаптованих до умов зони сортів льону олійного, передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт у поєднанні з ресурсоощадною (оптимізованою) системою живлення льону олійного на чорноземі південному в незрошуваних умовах Південного Степу України. Запропоновані елементи технології забезпечують підвищення врожайності та якості насіння, ефективніше використання ґрунтової вологи та сприяють підвищенню економічної і енергетичної ефективності вирощування культури. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення елементів технології у сільськогосподарських підприємствах, спрямованих на

отримання сталих рівнів урожайності насіння льону олійного за зміни клімату - в умовах зростання посушливості.

Встановлено, що за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт у нормі 1,0 л/т, внесення в якості основного удобрення помірної норми мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневих підживлень посіву рослин Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків), Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) та Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння). Урожайність насіння льону олійного може досягати 1,84 т/га за умовного виходу олії до 0,9 т/га та високих показників економічної і енергетичної ефективності: умовний чистий прибуток – 22,5 тис. грн/га, рівень рентабельності – 111,4%, енергетичний коефіцієнт – 1,44.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у ФГ «Синюха» Баштанського району Миколаївської області на площі 7 га та Державному підприємстві "Дослідне господарство "Еліта" МДСДС ІКОСГ НААН" на площі 5 га (додатки А.1, А.2).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним науковим дослідженням автора. Здобувачем особисто здійснено аналіз і узагальнення науково-інформаційних джерел, а також опрацьовано роботи вітчизняних та зарубіжних науковців за тематикою дослідження. Гіпотеза, мета, завдання, методичний підхід і програма експериментального дослідження були визначені разом із науковим керівником. Всі етапи польового експерименту – закладання досліду, проведення спостережень та обліків, їх подальша систематизація і обґрунтування – виконані особисто здобувачем. Самостійно проведено розрахунки економічної та енергетичної ефективності, статистичну обробку даних експерименту, сформульовано наукові висновки й рекомендації виробництву. Автор провів апробацію отриманих результатів у виробничих умовах та підготував до публікації наукові статті, матеріали конференції та дисертаційну роботу.

Апробація матеріалів дисертації. Результати представленого наукового дослідження доповідались і обговорювались на засіданнях науково-технічної

ДУ Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції ІКОСГ НААН України (с-ще Полігон, 2024–2025 рр.). Результати наукового дослідження оприлюднено та обговорено на:

- Міжнародному форумі : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, МНАУ, 28-30 травня 2025 р.);
- of *the 1st International Scientific and Practical Conference* "*Global Trends in Science: Research, Innovation and Development"* (June 23-25, 2025. Varna, Bulgaria);
- of the 1st International Scientific and Practical Conference "*Progressive Approaches in Science and Engineering"* (July 23-25, 2025. Copenhagen, Denmark);
- *of the 1st International Scientific and Practical Conference* "*Innovative Research in Science and Economy"* . (July 30 – August 1, 2025. Brussels, Belgium) P
- *of the 1st International Scientific and Practical Conference* "*Science and Technology: Theory, Practice and Progress"* (International Scientific Unity. September 3-5, 2025. Krakow, Poland);
- *Міжнародній науково-практичній конференції «Ротмістровські читання частина 2:* технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвяченої до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, смт Хліободарське, 25 вересня 2025 року.
- Міжнародній науково–практичній конференції "*Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості".* (с-ще Полігон, Миколаївського району, Миколаївської області, Україна. Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України 9 жовтня 2025 року).

Публікації результатів досліджень. За результатами наукового дослідження опубліковано 14 наукових праць, з яких: 5 статей у фахових

виданнях України, 1 монографія, 6 – тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях та 1 методичні рекомендації.

Структура та обсяг роботи. Дисертацію викладено на 210 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі основного тексту – 178 сторінок. Робота містить анотацію, вступ, 6 розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки. Дисертація містить 24 таблиці та 53 рисунків. Список використаних джерел налічує 225 найменувань, з яких 57 – латиницею.

РОЗДІЛ 1
НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ФАКТОРИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

1.1. Агробіологічні та економічні передумови вирощування льону олійного в умовах кліматичних змін

Упродовж останніх двох десятиліть у Південному Степу України спостерігаються чіткі кліматичні зміни, що безпосередньо впливають на сільськогосподарське виробництво. Аналіз середньорічних кліматичних показників за 2000–2024 роки засвідчує стабільну тенденцію до підвищення температури повітря та зменшення обсягів атмосферних опадів. Зокрема, середньорічна температура в регіоні зросла більш ніж на 1 °C (від 9,4 °C у 2000 році до 10,7 °C у 2024 році), тоді як середня річна кількість опадів зменшилася з 420 до 360 мм, тобто на 60 мм (рис. 1) [190].

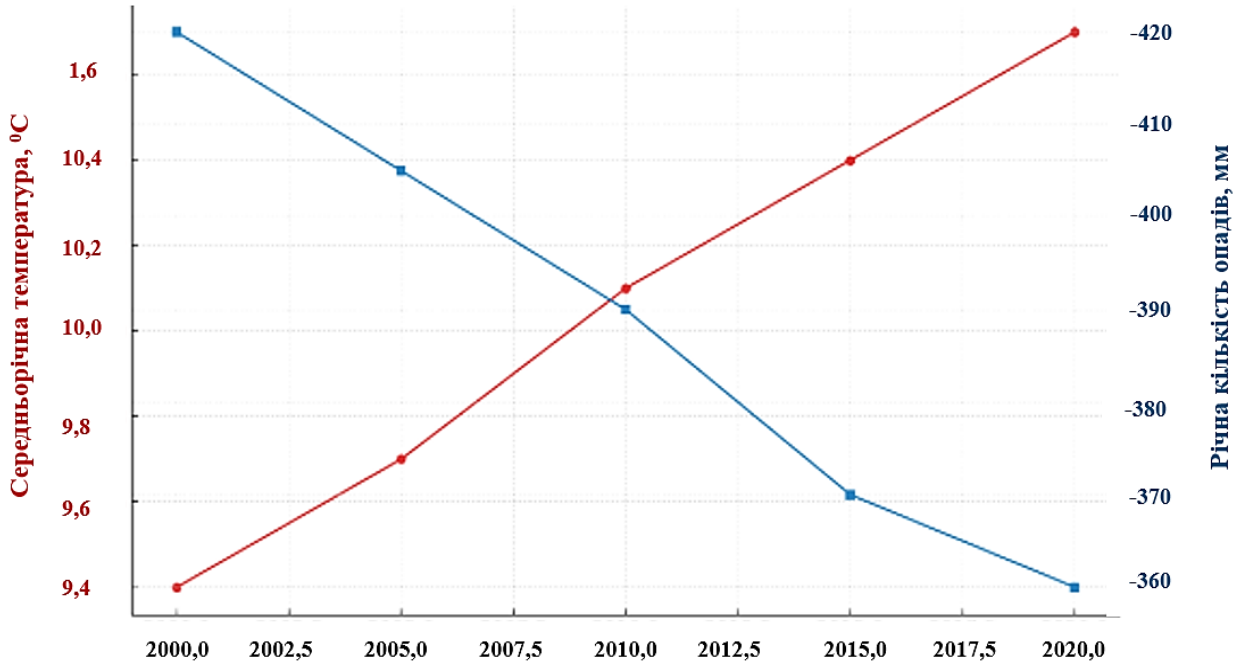


Рис. 1.1. Кліматичні зміни у Південному Степу України (2000–2024 рр.) [189]

Ефективність вирощування традиційних культур, які потребують достатньої кількості вологи, істотно знижується. За таких умов набуває актуальності впровадження у виробництво адаптованих посухостійких культур, які здатні формувати продуктивність за умов обмеженого вологозабезпечення [189].

За глобальних змін клімату, які проявляються у підвищенні середньорічної температури, зниженні кількості атмосферних опадів, нерівномірності їх випадання, зростанні частоти прояву абіотичних стресових чинників (особливо посух, коливань температурного режиму, ранніх весняних заморозків тощо), постає надзвичайно актуальне завдання – впровадження до сівозмін адаптованих культур, які здатні забезпечувати сталі рівні врожаїв за обмеження ресурсів, у тому числі ефективного використання вологи впродовж вегетації. Останнє є найбільш важливим для зони Південного Степу України, де рівень продуктивності будь-якої культури залежить від кількості вологи.

Серед олійних культур в Україні провідне місце за площею посівів займає соняшник, який, за даними багатьох дослідників, має досить високу інтенсивність поглинання елементів живлення та води з ґрунту. Це призводить до швидкого виснаження ґрунтових ресурсів, зниження вмісту гумусу й структурної деградації орного шару, особливо за умов короткоротаційних сівозмін чи монокультури [131]. Інтенсивне вирощування соняшнику також сприяє зростанню ризиків ерозійних процесів і зниженню рівня ґрунтової родючості, що ставить під загрозу сталий розвиток агроландшафтів.

У зв’язку з цим, актуальності набуває питання диверсифікації структури посівних площ за рахунок впровадження альтернативних олійних культур, які менш інтенсивно впливають на агрофізичний і агрохімічний стан ґрунтів [185]. Зокрема, льон олійний, ріпак, соя, гірчиця та інші культури мають меншу здатність до виснаження ґрунту, сприяють збереженню його родючості та поліпшенню фітосанітарного стану сівозміни. Включення таких культур у

сівозміну дозволяє не лише знизити антропогенний тиск на ґрунти, а й оптимізувати водний режим, зменшити втрати органічної речовини та підвищити стійкість агроекосистем до абіотичних стресів [29, 30].

Таким чином, з наукової точки зору, часткова заміна соняшника іншими олійними культурами є доцільною стратегією для підтримання ґрунтової родючості, забезпечення екологічної рівноваги та сталого розвитку землеробської галузі.

Однією з таких культур є льон олійний (*Linum usitatissimum* L.) – рослина помірного клімату, яка водночас проявляє високу екологічну пластичність і ефективне використання наявної кількості вологи в ґрунті. Згідно з дослідженнями українських і зарубіжних вчених, льон має відносно низький транспіраційний коефіцієнт, його можна успішно вирощувати в умовах нестійкого зволоження. За обмеженого вологозабезпечення ця культура здатна формувати стабільні рівні врожаїв [21, 22, 125, 136, 150, 187, 203].

Зважаючи на вищезазначене, вирощування льону олійного в умовах змін клімату має низку переваг (рис. 1.2).

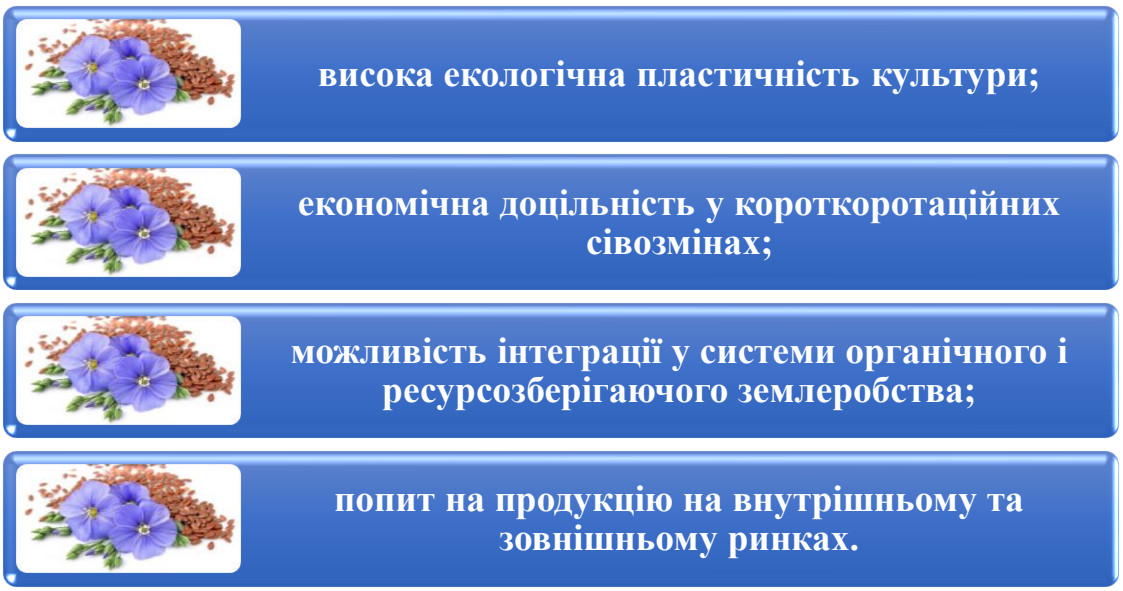


Рис. 1.2. Переваги вирощування льону олійного в умовах змін клімату

Льон олійний належить до числа універсальних і високоцінних технічних культур, які мають багатофункціональне використання та відіграють дедалі важливішу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, розвитку біоекономіки та аграрного сектора в умовах трансформацій світового клімату. Ця культура вирізняється відносною невибагливістю до умов вирощування, високою адаптивною пластичністю та коротким вегетаційним періодом, що дозволяє ефективно інтегрувати її в сівозміни навіть за посушливих умов Степу [16, 128, 154].

В останні роки зацікавленість до вирощування льону олійного зросла, що пов'язано з його високою цінністю. Насіння культури містить 38–45% і більше жиру, який вирізняється унікальним хімічним складом, зокрема високим умістом поліненасичених жирних кислот, насамперед α-ліноленової (омега-3), яка є надзвичайно важливою для здоров'я людини, але не синтезується в її організмі [9, 109, 214].

Завдяки цьому лляну олію цінують як функціональний харчовий продукт і застосовують в дієтичному та лікувально-профілактичному харчуванні, фармацевтиці, косметології, а також у лакофарбовій і полімерній промисловостях [33, 184]. Продукти переробки льону (макуха, шрот, лляне борошно) широко використовують як високобілковий компонент у раціонах тварин і птиці, а солому льону – як сировину для виробництва технічного волокна, теплоізоляційних матеріалів та паперу [3, 61].

Льон є перспективною культурою для органічного землеробства та біоенергетики. Незначна потреба в добривах, можливість застосування біологічних засобів захисту рослин і сприятливий попередник для інших культур вирізняють льон, як важливий попередник в ланці біологізованих сівозмін [90, 118, 156]. Здатність льону до ефективного засвоєння вологи з нижніх шарів ґрунту та його стійкість до ряду хвороб і шкідників дозволяє широко вирощувати його в умовах кліматичних змін, зокрема в зонах ризикованого землеробства, яким є і Південний Степ України [29].

Серед сучасних олійних культур льон олійний вирізняється не лише агротехнічними, а й значними економічними перевагами. Ефективність його вирощування в умовах ґрунтово-кліматичних зон підтверджується численними науковими дослідженнями, проведеними як в Україні, так і за кордоном [71, 75, 173, 179, 192].

Попри вищенаведені переваги, льон олійний поки що поступається іншим поширеним олійним культурам за масштабами вирощування. Його частка в структурі посівів залишається порівняно невеликою, що зумовлено передусім нижчими рівнями врожайності, недостатньо відпрацьованими технологіями, а також обмеженою кількістю адаптованих сортів. У ряді країн, включно з Україною, льон олійний займає нішеву позицію на ринку, однак останні роки демонструють чітку тенденцію до поступового зростання його значущості.

З огляду на світовий попит на рослинні олії з високим вмістом поліненасичених жирних кислот, зокрема омега-3, льон олійний має всі підстави вважатися перспективною культурою для українського аграрного сектору. Його подальший розвиток і збільшення площ вирощування можуть суттєво вплинути на підвищення конкурентоспроможності вітчизняного аграрного експорту, сприяти диверсифікації структури посівів та зменшенню залежності від традиційних культур, зокрема, соняшнику. Таким чином, актуальність проведених нами досліджень визначається необхідністю розкриття потенціалу льону як перспективної альтернативи для сільськогосподарських виробників у сучасних умовах.

Упродовж останніх двох десятиліть світове виробництво цієї культури проявляє сталу тенденцію до зростання, що пояснюється як попитом на лляну олію з високим вмістом омега-3 жирних кислот, так і розвитком органічного землеробства.

Аналіз даних FAOSTAT (2024) свідчить про значні коливання у динаміці посівних площ льону олійного у світі за період з 2000 по 2023 рік. У зазначений період площі під культурою зросли з 2,58 млн га у 2000 р. до максимального

показника 4,53 млн га у 2022 р., після чого у 2023 р. знову їх зменшення до 3,09 млн га (рис. 1.3). Така динаміка зумовлена як економічними чинниками, так і кліматичними умовами, змінами ринкового попиту та розвитком переробної інфраструктури в окремих країнах [66].

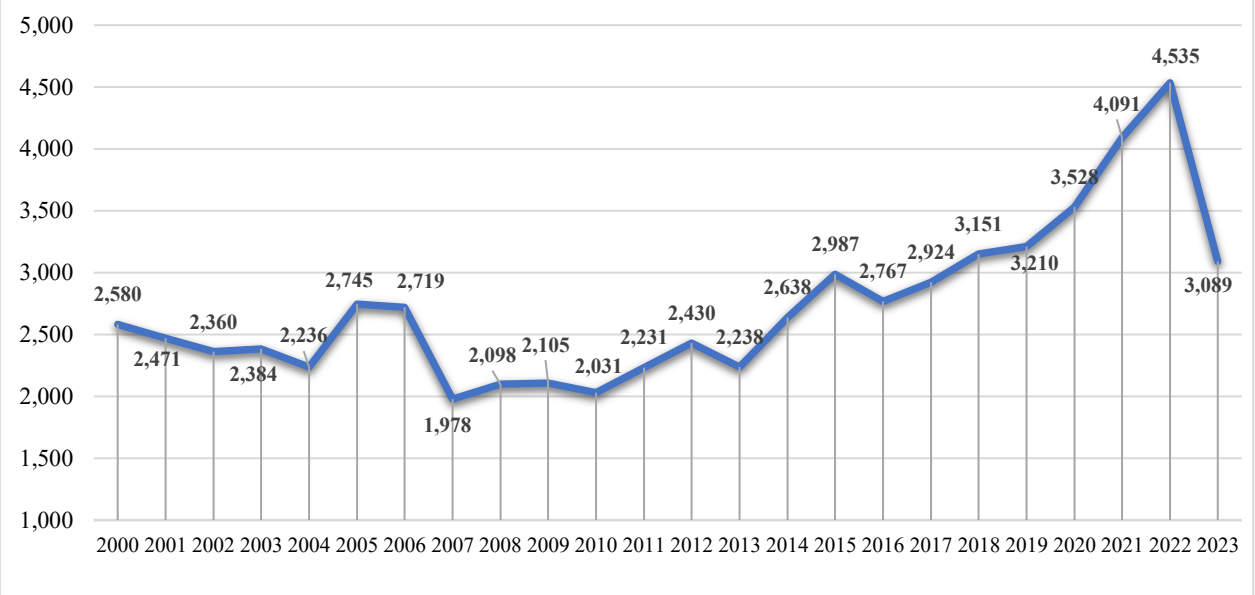


Рис. 1.3. Динаміка посівних площ льону олійного у світі, млн га [66]

Найпомітнішим зростання площ посівів льону було в Європі, яка вирізняється серед інших регіонів активною динамікою (табл. 1.1). Починаючи з 2010 року, площі під льоном у європейських країнах стрімко зросли з 450,3 тис. га (2010) до 2172,4 тис. га у 2022 році.

Одну з найбільш динамічних тенденцій зростання має Казахстан: площі зросли від 1,4 тис. га у 2000 році до понад 1345 тис. га у 2022 році. Таке зростання зумовлене як наявністю сприятливих кліматичних умов у північних регіонах країни, так і зовнішнім попитом на лляне насіння, зокрема країн Європи.

Канада, яка традиційно є одним із провідних світових виробників льону олійного, має значні коливання за площами - від 590,9 тис. га у 2000 р. до 311,9 тис. га у 2022 р., що свідчить про обсяги зменшення інтенсивності

вирощування культури, ймовірно, через конкуренцію з іншими олійними рослинами.

Стабільно високі площі під льоном (у межах 300–600 тис. га), з характерною тенденцією до зменшення в середині 2010-х років і зростання після 2020 р. зберігає Індія. Льон в Індії залишається важливою сировиною для внутрішніх потреб та фармацевтичної промисловості.

Таблиця 1.1

Динаміка площ посівів відведених під льон олійний в Україні, Європі та країнах світу, тис га Джерело: FAOSTAT, 2024 [66]

Рік	Аргентина	Європа	Індія	Казахстан	Канада	Китай	США	Україна
2000	67,88	461,70	593,10	1,40	590,90	497,87	209,22	20,00
2001	28,14	351,53	579,90	1,03	661,70	402,20	233,91	23,00
2002	19,54	258,42	535,80	0,64	633,40	453,00	284,50	24,73
2003	13,80	279,83	450,10	0,92	728,40	449,00	237,96	27,59
2004	28,80	271,94	476,50	1,00	518,00	500,00	206,80	14,00
2005	37,18	295,59	448,70	1,10	732,60	490,00	386,48	25,00
2006	46,69	331,49	436,80	5,10	785,20	485,00	310,40	51,40
2007	28,40	240,70	426,00	4,50	524,00	339,90	141,24	24,10
2008	9,45	277,90	468,00	12,80	625,20	337,80	137,59	19,10
2009	17,37	320,21	407,90	58,40	623,30	336,93	127,07	46,80
2010	25,60	450,26	342,00	225,20	349,20	324,40	169,16	56,30
2011	16,63	680,96	359,00	309,67	291,40	322,10	70,01	58,70
2012	14,60	724,95	323,00	369,63	358,20	317,86	135,98	52,90
2013	17,90	583,30	296,00	384,34	411,90	312,89	69,61	41,98
2014	14,70	564,20	293,07	556,15	628,90	310,00	122,22	37,60
2015	17,00	803,14	285,00	622,55	626,90	292,31	184,54	66,70
2016	13,00	901,06	298,00	633,62	341,50	287,59	148,12	68,70
2017	12,40	745,86	325,22	858,66	418,90	284,00	110,08	47,50
2018	14,25	857,08	326,18	1076,89	341,80	279,00	80,13	31,80
2019	9,05	908,65	172,71	1245,04	339,30	260,00	114,93	16,90
2020	14,25	1090,73	179,90	1342,52	371,30	250,00	119,79	14,00
2021	11,06	1641,95	174,87	1366,07	392,30	260,00	113,31	27,60
2022	16,29	2172,38	196,90	1345,16	311,90	225,00	97,93	32,30
2023	22,46	1427,68	238,73	726,10	238,50	200,00	64,75	47,50

Китай, хоча й входить до групи провідних виробників, зменшив площі під льоном з понад 497 тис. га у 2000 р. до близько 200 тис. га у 2023 р.

Україна впродовж аналізованого періоду має нерівномірну динаміку посівів. Від 20 тис. га у 2000 р. площі зростали до 66,7 тис. га у 2015 р., з подальшим зниженням та новим збільшенням у 2022–2023 рр., коли було засіяно 32,3 тис. га та 47,5 тис. га відповідно. Такі коливання пов'язані як із кліматичними змінами, так і з нестабільністю ринку льону в Україні. Водночас, посіви культури зберігають тенденцію до зростання (рис. 1.4).

У США площі під льоном зменшилися з 209 тис. га у 2000 році до лише 64,75 тис. га у 2023 році, що пов'язано з його конкурентоспроможністю порівняно з іншими олійними культурами.

Для Аргентини також є характерною нестабільна динаміка посівних площ: від найбільшого значення у 67,9 тис. га у 2000 р. до мінімального рівня – 9 тис. га у 2008 р., після чого є прояви поступового відновлення площ під льоном.

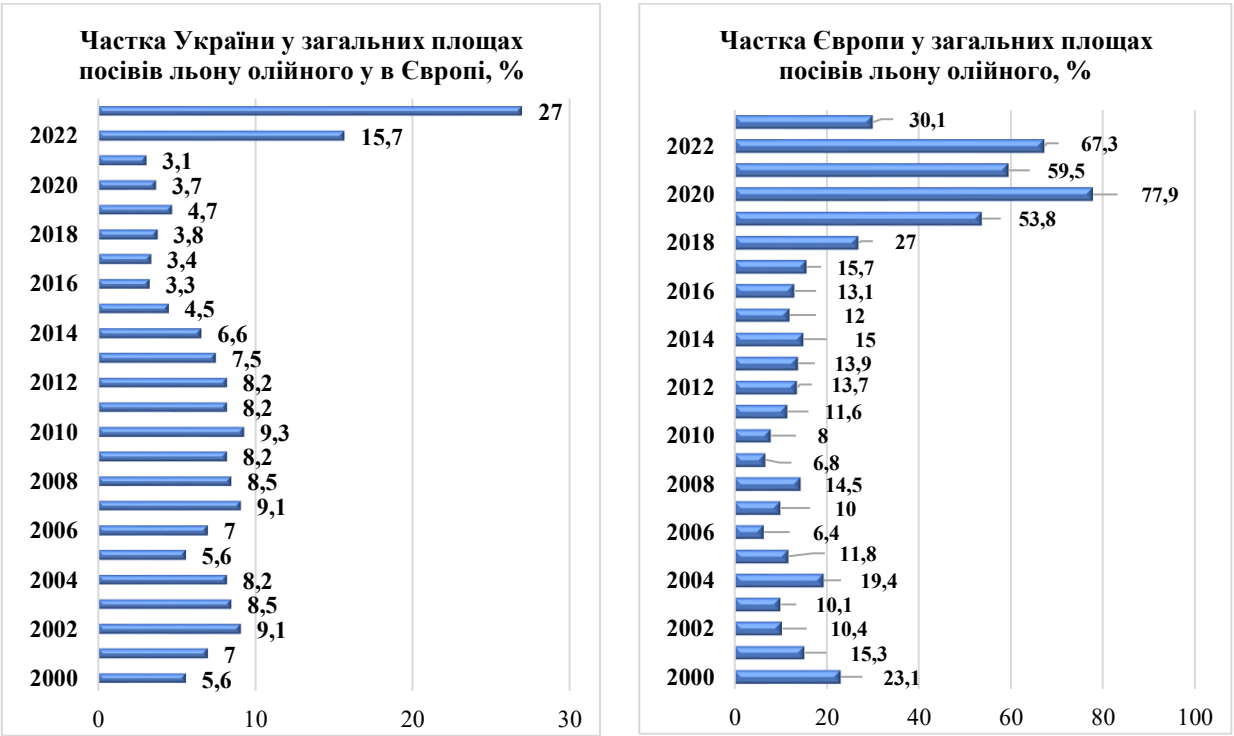


Рис. 1.4. Частка Європейського виробництва льону в світі та України у загальних площах посівів льону олійного в Європі, % : FAOSTAT, 2024 [66]

Аналіз валових зборів льону олійного в провідних країнах світу за даними FAOSTAT (2024) (табл. 1.2) свідчить про значні коливання показників виробництва цієї культури впродовж 2000–2023 рр. Ця мінливість зумовлюється як коливаннями погодних умов, так і економічними чинниками, доступністю збуту, розвитком переробної галузі та рівнем технологічного забезпечення виробництва.

Таблиця 1.2

Валові збори льону олійного, тис т [66]

Рік	Аргентина	Європа	Індія	Казахстан	Канада	Китай	США	Україна
2000	46,92	278,55	240,80	0,59	693,40	343,75	272,55	5,00
2001	22,30	204,16	203,50	0,8	715,00	252,65	290,97	6,40
2002	15,50	141,12	209,10	0,63	679,4	409	301,33	7,02
2003	11,25	200,60	176,70	0,79	754,40	450	267,12	8,13
2004	29,28	217,20	196,50	0,78	516,90	460	263,36	16,20
2005	36,1	283,51	169,70	1,08	990,60	47,5	500,28	28,20
2006	53,78	319,36	172,50	5,39	988,80	480	279,9	61,50
2007	34,07	201,51	167,90	5,22	633,50	268,30	149,77	11,40
2008	9,56	210,99	163,00	10,30	861,10	349,66	145,19	20,80
2009	19,51	273,99	169,20	47,65	930,10	318,14	188,55	37,30
2010	32,17	399,58	153,70	94,61	418,50	352,81	230,03	46,80
2011	21,39	656,20	147,00	273,08	398,90	358,64	141,78	51,10
2012	17,07	498,72	152,00	157,88	491,50	390,51	147,28	41,40
2013	20,43	455,88	147,00	295,02	730,70	398,81	85,25	31,92
2014	17,26	515,76	141,73	419,96	883,30	387,00	161,75	46,63
2015	20,09	728,52	155,00	491,39	943,10	399,62	256,42	76,38
2016	16,61	918,79	125,00	561,77	541,40	368,54	235,58	92,16
2017	13,58	816,64	184,25	683,34	555,10	363,00	97,59	46,14
2018	19,52	707,87	173,76	933,53	492,40	366,00	113,44	23,99
2019	9,95	785,06	99,07	1007,24	486,10	340,00	142,88	15,39
2020	19,52	954,74	12,07	1058,25	578,10	330,00	144,94	15,73
2021	12,36	1528,01	111,36	775,57	336,64	340,00	70,31	42,23
2022	29,23	1933,32	126,42	845,64	473,18	290,00	108,77	27,48
2023	25,00	1280,44	166,75	361,70	272,74	260,00	75,21	53,91

Світові валові збори насіння льону олійного зросли з 1986,9 тис. т у 2000 р. до максимального показника 3978,0 тис. т у 2022 році, після чого в 2023 році відбулося значне його зменшення – до 2604,1 тис. т, що, ймовірно, пов’язане з

посиленням посушливості в окремих країнах, зменшенням площ посівів та впливом попиту ринку (рис. 1.5).

Найбільшим збір насіння був у Європі, де у 2022 р. отримано 1933,3 тис. т льону олійного, що стало абсолютним рекордом за весь аналізований період. Для порівняння, у 2000 р. європейські країни зібрали лише 278,6 тис. т. Таке зростання можна пояснити збільшенням площ посівів та підвищенням урожайності насіння завдяки удосконаленню елементів технології, зокрема в країнах Центральної та Східної Європи.

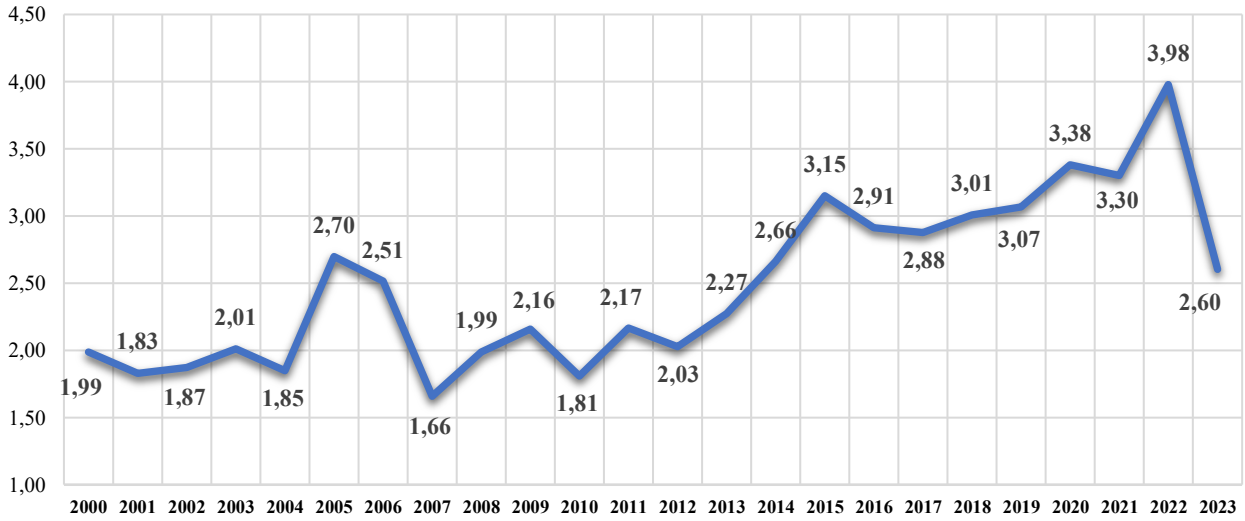


Рис. 1.5. Валові збори льону олійного в світі, млн т [66]

Казахстан проявляє стабільне нарощування виробничих обсягів із незначними коливаннями. Валові збори зросли з 0,59 тис. т у 2000 р. до 845,6 тис. т у 2022 р. (максимум – понад 1058 тис. т у 2020 році), що стало наслідком активного освоєння Північного Лісостепу та введення в обробіток нових площ із високим потенціалом продуктивності.

Канада, яка є одним із провідних експортерів льону, проявляє змішану динаміку: після досягнення 990,6 тис. т у 2005 р., обсяги збору зменшилися до 272,7 тис. т у 2023 р. Це, ймовірно, пов’язано з конкуренцією з боку інших олійних культур (ріпак, соя) та змінами у структурі посівів.

Індія, де льон є традиційною, але не домінуючою культурою, підтримує відносно сталі обсяги валових зборів – в межах 140–240 тис. т у більшості років. Після тимчасового зниження до 99,1 тис. т у 2019 році, у 2023 році валовий збір зріс до 166,8 тис. т, що свідчить про потенціал культури в умовах інтенсивного внутрішнього попиту.

Китай протягом аналізованого періоду зберігає високі і відносно сталі обсяги збору – на рівні 340–460 тис. т, із помітним зменшенням у 2022–2023 рр. до 290 та 260 тис. т відповідно. Це, очевидно, є наслідком зменшення площ посівів і конкуренції з більш прибутковими культурами.

В Україні, незважаючи на порівняно невеликі посівні площі, прослідковується зростання валових зборів з 5,0 тис. т у 2000 р. до 53,9 тис. т у 2023 р. Максимального значення досягнуто у 2016 р. – 92,2 тис. т, що пов’язано зі збільшенням площ вирощування у центральних та північних регіонах, а також зростанням попиту на органічне насіння. Проте у подальші роки відбулися істотні коливання, зумовлені як кліматичними чинниками, так і економічною нестабільністю.

Тенденція до зменшення валових зборів із 272,6 тис. т у 2000 р. до 75,2 тис. т у 2023 р. є характерною для США, що є відображенням зменшення площ вирощування та переорієнтації фермерів на інші культури з вищою рентабельністю.

Аргентина, як нетиповий виробник льону, має нестабільну динаміку – від 46,9 тис. т у 2000 р. до 25,0 тис. т у 2023 р., із сильними коливаннями у різні роки. Аргентина характеризує найбільшу варіативність урожайності – від 0,69 т/га (2000) до 1,80 т/га (2022) (табл. 1.3). Такі стрибки пов’язані з різкими коливаннями погодних умов та нестабільністю площ під культурою. Це свідчить про залежність виробництва від зовнішнього попиту і кліматичних умов.

Показники середньої врожайності насіння льону олійного в різних країнах засвідчують значну варіативність, що зумовлена як агрокліматичними умовами, так і рівнем технологічного забезпечення і сортовою політикою. За

даними FAOSTAT, середня врожайність льону в світі коливалася у межах 0,74–1,05 т/га, а у 2023 р. – 0,84 т/га.

Найвищі середні значення врожайності насіння впродовж аналізованого періоду досягли в США, де вона в окремі роки перевищувала 2 т/га (зокрема, 2011 р. – 2,03 т/га). Це характеризується впровадженням інтенсивних технологій вирощування, використанням високопродуктивних сортів і наявністю зрошення.

Таблиця 1.3

Порівняльна оцінка врожайності насіння льону в Україні, Європі та різних країнах світу (за даними FAOSTAT, 2024), т/га [65]

Рік	Аргентина	Європа	Індія	Казахстан	Канада	Китай	Світ	США	Україна
2000	0,69	0,60	0,41	0,42	1,17	0,69	0,77	1,30	0,25
2001	0,79	0,58	0,35	0,78	1,08	0,63	0,74	1,24	0,28
2002	0,79	0,55	0,39	0,98	1,07	0,90	0,79	1,06	0,28
2003	0,82	0,72	0,39	0,86	1,04	1,00	0,84	1,12	0,29
2004	1,02	0,80	0,41	0,78	1,00	0,92	0,83	1,27	1,16
2005	0,97	0,96	0,38	0,98	1,35	0,97	0,98	1,29	1,13
2006	1,15	0,96	0,39	1,06	1,26	0,99	0,92	0,90	1,20
2007	1,20	0,84	0,39	1,16	1,21	0,79	0,84	1,06	0,47
2008	1,01	0,76	0,35	0,80	1,38	1,04	0,95	1,06	1,09
2009	1,12	0,86	0,41	0,82	1,49	0,94	1,03	1,48	0,80
2010	1,26	0,89	0,45	0,42	1,20	1,09	0,89	1,36	0,83
2011	1,29	0,96	0,41	0,88	1,37	1,11	0,97	2,03	0,87
2012	1,17	0,69	0,47	0,43	1,37	1,23	0,83	1,08	0,78
2013	1,14	0,78	0,50	0,77	1,77	1,27	1,02	1,22	0,76
2014	1,17	0,91	0,48	0,76	1,40	1,25	1,01	1,32	1,24
2015	1,18	0,91	0,54	0,79	1,50	1,37	1,05	1,39	1,15
2016	1,28	1,02	0,42	0,89	1,59	1,28	1,05	1,59	1,34
2017	1,09	1,09	0,57	0,80	1,33	1,28	0,98	0,89	0,97
2018	1,37	0,83	0,53	0,87	1,44	1,31	0,95	1,42	0,75
2019	1,10	0,86	0,57	0,81	1,43	1,31	0,96	1,24	0,91
2020	1,37	0,88	0,67	0,79	1,56	1,32	0,96	1,21	1,12
2021	1,12	0,93	0,64	0,57	0,86	1,31	0,81	0,62	1,53
2022	1,80	0,89	0,64	0,63	1,52	1,29	0,88	1,11	0,85
2023	1,11	0,90	0,70	0,50	1,14	1,30	0,84	1,16	1,13

Як традиційний лідер з виробництва лляного насіння, стабільно високими рівні урожайності отримують в Канаді – 1,2–1,6 т/га, з

максимальними рівнями у 2013 та 2016 роках (1,77 і 1,59 т/га відповідно). Це є наслідком впровадження точного землеробства, селекції та добору сортів, адаптованих до умов короткого вегетаційного періоду.

У країнах Європи рівні врожайності мають позитивну динаміку - від 0,55–0,6 т/га на початку 2000-х до 1,02–1,09 т/га у 2016–2017 роках. У 2023 році вона залишалася на рівні 0,90 т/га, що є досить високим показником для умов континентального клімату. Сприятливі умови Північної та Центральної Європи, а також зростання попиту на насіння льону органічного.

У Казахстані, попри стрімке зростання площ вирощування, формувались відносно нижчі рівні врожайності – 0,42–1,16 т/га, з поступовим зниженням до 0,50 т/га у 2023 р. Це свідчить про потребу в адаптації сортів до посушливості клімату та удосконалених підходів до елементів технології.

В Індії врожайність насіння льону олійного залишається стабільно низькою, у межах 0,35–0,70 т/га, що зумовлено переважно екстенсивними елементами технології, дефіцитом вологи та відсутністю високо продуктивних сортів.

Водночас для України спостерігаємо стійку тенденцію до підвищення врожайності льону олійного (рис. 1.6). Це зумовлено удосконаленням елементів технології, впровадженням більш продуктивних сортів та підвищенням попиту на насіння цієї культури. Разом з тим значні коливання в рівнях урожайності потребує подальшого удосконалення елементів технологій вирощування, адаптації до кліматичних змін та розробки раціонального застосування добрив та сучасних препаратів.

Урожайність льону олійного в Україні упродовж останніх двох десятиліть зазнавала істотних коливань, що свідчить про високу чутливість цієї культури до кліматичних чинників, рівня технологічного забезпечення та добору сортів. За офіційними даними FAOSTAT, у 2000–2003 роках урожайність залишалася вкрай низькою – 0,25–0,29 т/га, що характеризує переважно екстенсивний принцип вирощування на фоні недостатнього застосування добрив і наявності адаптованих сортів.

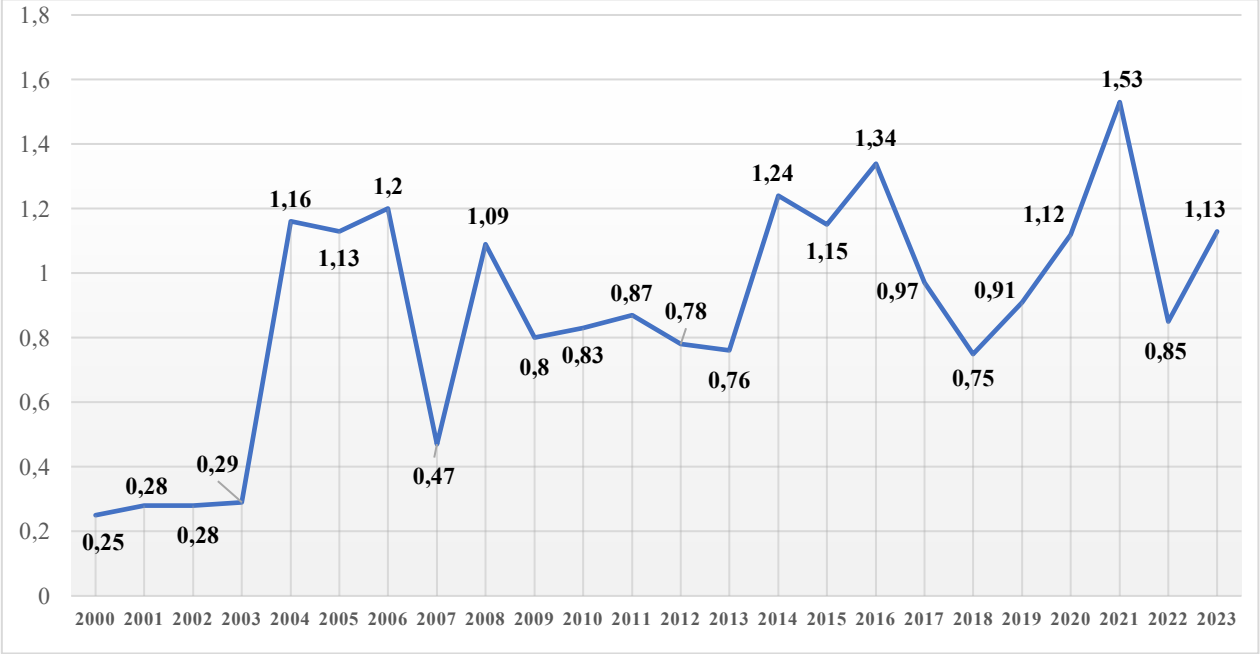


Рис. 1.6. Врожайність насіння льону олійного в Україні (за даними FAOSTAT, 2024), т/га [66]

Значне зростання рівнів урожайності відбулося у 2004–2006 роках, коли вони перевищили 1,1 т/га, досягнувши 1,20 т/га у 2006 р. Водночас у 2007 році урожайність знову знизилася до 0,47 т/га, що, ймовірно, було наслідком значної посушливості та недотримання елементів технологій вирощування.

Наступне десятиліття (2008–2018) характеризувалось коливаннями врожайності в межах 0,75–1,24 т/га, з максимумом у 2014 р. (1,24 т/га). В окремі роки (2008, 2010, 2015, 2016) отримували врожайність понад 1 т/га, що свідчить про прояв потенціалу культури в умовах достатнього вологозабезпечення та за умови застосування сучасних елементів технології. Проте нестабільність урожайності у цей період (наприклад, 2017 – 0,97 т/га, 2018 - 0,75 т/га) вказує на вплив несприятливих погодних факторів і можливі порушення в технологічному процесі. Найвищою врожайність за весь період аналізу сформована у 2021 році – 1,53 т/га, що є підтвердженням досягнення сучасними господарствами високого рівня агротехніки та адаптації сортів до регіональних умов. У 2022 році урожайність знизилася до 0,85 т/га, однак у

2023 році знову зросла до 1,13 т/га, що свідчить про збереження позитивного підходу до елементів оптимізації вирощування культури.

Станом на 2 червня 2025 року, за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [40], зареєстровано 53 сорти льону, зокрема: льон звичайний озимий – 1 сорт, льон звичайний ярий – 3 сорти, льон звичайний довгунець (волокнистий) – 23 сорти, льон низький (олійний, кудряш) - 26 сортів (рис. 1.7).

Такий розподіл свідчить про зростаючу увагу до культури льону олійного, частка якого у сортовій структурі є найбільшою, що корелює з актуальними трендами ринку, потребами в рослинній сировині для виробництва олії, а також із перспективами розвитку органічного землеробства в Україні.

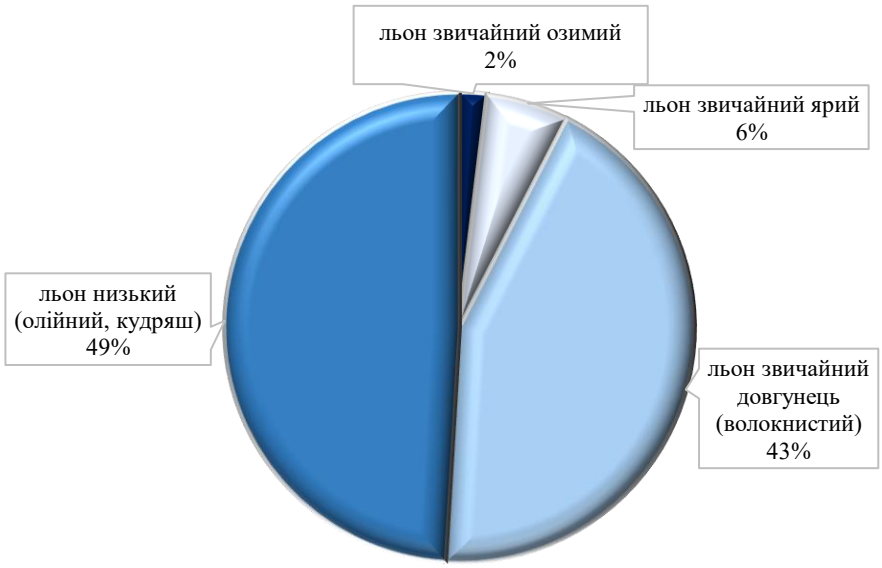


Рис. 1.7. Сорти льону олійного занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні

Таким чином, систематичне оновлення сортового складу льону олійного та позитивна динаміка врожайності взаємопов’язані і свідчать про потенціал культури в аграрному секторі України. Подальше вдосконалення сортової політики, адаптація сортів до умов різних регіонів та впровадження сучасних

технологій вирощування можуть сприяти сталому нарощуванню продуктивності та розширенню посівних площ цієї поки що нішевої, але стратегічно важливої культури.

Таким чином, сучасні тенденції розвитку виробництва льону олійного у світі засвідчують його зростаюче значення як високорентабельної, екологічно привабливої та досить важливої культури. Для України це створює нові можливості як у напрямі традиційного землеробства, так і в органічному виробництві.

Перспективними напрямами подальших досліджень є адаптація технологій вирощування льону до кліматичних умов окремих регіонів України, оптимізація елементів живлення, а також удосконалення добору адаптованих сортів.

1.2. Значення особливостей сорту та вплив їх добору на продуктивність льону олійного

Добір сорту льону олійного істотно впливає на формування врожаю та якість насіння (рис. 1.8). Різні сорти вирізняються не лише за рівнем потенційної врожайності насіння, вмістом у ньому жиру, тривалістю вегетаційного періоду, але й за стійкістю до несприятливих погодних умов, хвороб і шкідників. Особливого значення набуває селекційна відповідність сорту до конкретної ґрунтово-кліматичної зони вирощування. Адаптовані сорти краще реагують на умови середовища, проявляють вищу стійкість до абіотичних і біотичних стресів, раціонально використовують доступні ресурси, що особливо важливо в умовах кліматичних змін. Це дає змогу отримувати сталі рівні врожаїв як основної продукції – насіння з високим вмістом жиру, так і побічної – соломи, волокна, костриці. Водночас незалежно від рівня інтенсивності агротехнологічного підходу – від традиційного до ресурсоощадного чи органічного – адаптованість сорту до конкретного середовища вирощування виступає запорукою продуктивності, економічної

доцільності та екологічної стійкості виробництва [16, 41, 49, 158]. У зв'язку з цим, удосконалення системи сортовипробування та впровадження перспективних сортів у виробництво є важливим напрямом підвищення продуктивності льонарства в Україні.

Льон олійний (*Linum usitatissimum* L.), як культура помірного клімату, характеризується відносно низькими вимогами до вологозабезпечення та помірною чутливістю до підвищених температур на початку вегетації. Завдяки цим властивостям, він добре адаптується до змін кліматичних умов, особливо в зоні Південного Степу України, де в останні десятиліття спостерігається підвищення температур та стала тенденція до дефіциту вологи впродовж вегетаційного періоду [104, 113].

Одним із перспективних підходів до адаптації рослинництва до дефіциту вологи є інтеграція комплексу факторів, які дозволяють реалізувати потенціал культур навіть за стресових умов. Зокрема, актуальним стає використання посухостійких сортів, оптимізація мінерального живлення та застосування біопрепаратів як екологічно доцільної форми стимуляції росту і підвищення стійкості рослин. Вивчення дії кожного з цих факторів окремо, а також у поєднанні, є важливою науковою і практичною задачею сучасного агровиробництва.

***Сучасні сорти*:**	відзначаються високим вмістом олії (до 45%), стійкістю до вилягання, хвороб і шкідників
Адаптація до регіонів:	важливо обирати сорти, пристосовані до конкретних кліматичних умов.
Добір сорту	запорука економічної ефективності та конкурентоспро-можності льонарства

Рис. 1.8. Сорти льону олійного – основа врожайності та якості продукції

Одним із основних факторів розкриття потенціалу культури в умовах дефіциту вологи є правильний добір сорту. Посухостійкість культури багато в чому залежить від її генетичної основи, що визначає розгалуження кореневої системи, водоутримуючу здатність, тривалість вегетації та ефективність використання води (WUE) [165, 176]. Адаптовані до умов зони вирощування сорти здатні краще переносити стреси, пов'язані з високою температурою й нестачею вологи, завдяки підвищеній осмотичній регуляції, більш ефективній фотосинтетичній діяльності та змінам у фенологічному розвитку [63, 159, 172, 197].

В умовах сталого розвитку аграрного сектору ефективне вирощування льону олійного передбачає використання високопродуктивних сортів, які відзначаються підвищеним вмістом жиру, стабільністю до стресових факторів середовища та стійкістю до основних хвороб. Саме такі сорти забезпечують отримання конкурентоспроможної продукції, яка відповідає вимогам міжнародного ринку за основними показниками якості. При цьому, добір конкретного сорту для вирощування в тій чи іншій агрокліматичній зоні має базуватися на глибокому аналізі його генетичного потенціалу, морфо-біологічних характеристик, а також передбачуваного напрямку використання – для харчових, технічних або фармацевтичних цілей [48, 87, 97].

Наукові джерела свідчать, що сортові особливості є основним чинником формування рівня врожайності та якості насіння льону. Так, за твердженням А. В. Юник, продуктивність вирощування цієї культури багато в чому залежить від правильного вибору сорту, адаптованого до регіональних умов [167]. Тому доцільно заначити, що сортовий склад льону олійного є визначальним у забезпеченні сталого отримання якісного насіння, придатного до промислової переробки чи органічного виробництва [91].

Разом із тим, численні дослідження вказують на суттєву мінливість господарсько-цінних ознак у сортів льону олійного. Зокрема, спостерігається варіативність показників насіннєвої продуктивності, таких як кількість і маса

насіння з однієї рослини, маса 1000 насінин, а також хімічного складу насіння. При цьому відомості про повну реалізацію генетичного потенціалу культури залишаються обмеженими. Встановлено, що на формування якісних показників насіння вагомий вплив мають як погодні умови року вирощування, так і географічне розташування. Наприклад, за даними ряду дослідників, рівень олійності може варіювати в межах від 36,4 до 52,0 % залежно від агрокліматичних факторів. Особливо суттєво на вміст ненасичених жирних кислот впливають температурні коливання в період дозрівання, які стимулюють їх інтенсивніше накопичення [55, 110, 153, 182].

В умовах Південного Степу, льон здатен реалізовувати до 70% свого потенціалу врожайності за умови правильного добору сортів і дотримання оптимальних технологій вирощування [137]. Досягнення максимальної насіннєвої продуктивності можливе лише у випадку, коли умови середовища гармоніюють із біологічними потребами рослини упродовж критичних фаз органогенезу, особливо під час формування насіння та накопичення олії. Рівень урожайності й економічна доцільність вирощування льону значною мірою залежать від здатності культури реалізувати потенціал, закладений в певних умовах регіону. Завдяки високій екологічній пластичності, ця культура здатна частково компенсувати дію несприятливих чинників за умови дотримання технологічних чинників під час вирощування [121].

Ю. О. Махно [96] зазначає, що сучасна селекційна робота з льоном олійним в Україні базується на поєднанні традиційних і інноваційних методів, зокрема мікрогаметофітного добору, міжвидової гібридизації та індукованого мутагенезу. Ці підходи дозволяють створити нові сорти, адаптовані до умов кліматичних змін, які вирізняються підвищеною стійкістю до абіотичних факторів, зокрема посухи та високих температур, а також мають підвищену стійкість до хвороб і вилягання. У результаті такої багатовекторної селекційної роботи створено низку конкурентоспроможних сортів льону олійного, серед яких особливо відзначаються Водограй, Запорізький богатир і Живинка. Ці сорти здатні формувати сталу врожайність у різних кліматичних зонах

України, мають високу насіннєву продуктивність, вміст олії понад 48–50 %, підвищену стійкість до вилягання й основних захворювань (пасмо, вертицильоз, фузаріоз, іржа). Їхня технологічна пластичність дозволяє ефективно використовувати ці сорти в умовах як традиційного, так і органічного землеробства.

У контексті агровиробництва Степової зони України, де зростаюча кліматична нестабільність супроводжується підвищенням температурного режиму та дефіцитом вологи в орному шарі ґрунту, проблема адаптації льону олійного набуває особливого значення. Ефективне вирішення цієї проблеми значною мірою залежить від використання сортів із скороченим вегетаційним періодом і потужною кореневою системою, здатною ефективно використовувати обмежені водні ресурси, що, своєю чергою, сприяє зниженню ризиків недобору врожаю за несприятливих кліматичних умов [14, 39].

Водночас, на фоні зазначених кліматичних чинників, додатковим дестабілізуючим фактором для аграрної галузі залишається наявність на внутрішньому ринку значної кількості фальсифікованого насіння, використання якого не лише знижує ефективність вирощування навіть перспективних сортів, але й унеможливлює реалізацію повного потенціалу адаптивних властивостей культури в умовах змінного середовища. Проблема набуває особливої гостроти через те, що візуально або за первинними ознаками підроблене насіння складно відрізнити від сертифікованого, що створює ризики як для врожайності, так і для економічної стабільності сільськогосподарських виробників [34, 94, 137]. У зв’язку з цим надзвичайно важливо, щоб українські фермери підходили до добору насіннєвого матеріалу виважено, користуючись лише офіційними каналами постачання та перевіреними виробниками.

Особливо гостро це питання постає при вирощуванні льону олійного, культура якого є вимогливою до дотримання агротехнічних норм і режимів. Ефективне вирощування льону потребує комплексного підходу, що охоплює добір якісного насіння, обробіток ґрунту, внесення добрив, дотримання

сівозміни та своєчасне проведення всіх складових догляду за посівами. Подальша оптимізація елементів технології вирощування для цієї культури є надзвичайно важливою з огляду на необхідність підвищення врожайності та якості насіння. Вирішення існуючих проблем у сфері льонарства сприятиме зміцненню конкурентоспроможності української аграрної продукції на світовому ринку та забезпеченню продовольчої безпеки країни.

1.3. Вплив передпосівної обробки насіння, добрив та сучасних препаратів на врожайність і якість насіння льону олійного

У сучасних умовах агровиробництва вирощування льону олійного потребує оптимізації всіх елементів технології з метою підвищення врожайності та покращення показників якості насіння. Особливої ролі у цьому набуває передпосівна обробка насіння, ефективне живлення (мінеральне, органічне та мікробіологічне), а також інтегровані системи удобрення. Усі ці чинники здатні суттєво впливати на ріст, розвиток, формування врожаю та вміст жиру в насінні льону.

Передпосівна обробка насіння сприяє підвищенню польової схожості, енергії проростання, активізації ростових процесів та формуванню потужної кореневої системи, що у результаті забезпечує вищу врожайність та якість насіння. Так, за даними дослідників [17], застосування препаратів Вітазим, Радіфарм, Вимпел, Поліміксобактерин забезпечило приріст врожайності льону олійного на 0,4–2,4 ц/га, що становило 19,7% порівняно з контролем. Найбільш ефективним виявився Радіфарм, забезпечивши максимальний її приріст.

У дослідженні [166] за вирощування сорту Водограй передпосівна обробка насіння препаратами Вітазим і Спектрум Аскостарт підвищила польову схожість на 4,2–5,2% та забезпечила приріст урожайності на 14,1% порівняно з контролем.

У дослідах, проведених на чорноземі звичайному середньогумусному глибокому важкосуглинковому на полях Навчально-науково-виробничого

центру «Дослідне поле» Державного біотехнологічного університету, проводили вивчення впливу передпосівної обробки насіння льону олійного сорту Живинка із застосуванням фізіологічно активних препаратів. В результаті проведених досліджень виявлено, що передпосівна стимуляція насіння позитивно впливала на морфометричні та структурні показники рослин: спостерігалося збільшення висоти рослин, кількості утворення бічних пагонів, а також збільшення кількості коробочок на рослині та маси 1000 насінин. Сукупна дія цих факторів призводила до підвищення врожайності культури. Максимальний рівень її – 1,64 т/га – було зібрано у варіанті обробки препаратом Радіфарм, що на 19,7% перевищувало контроль (без обробки) [17].

Інше дослідження, проведене на темно-каштановому важкосуглинковому ґрунті Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН, було спрямоване на вивчення ефективності передпосівної обробки насіння льону олійного сорту Віра за використання мікробіологічних препаратів, зокрема Екофосфорину, Вінос ТК, Азофосфорину та Біо-гелю. Згідно з отриманими результатами, передпосівна обробка сприяла приросту врожайності насіння в межах 0,08–0,35 т/га у порівнянні з контролем, а також підвищенню вмісту жиру на 0,4–0,8%. Найвищу ефективність у цьому досліді забезпечив препарат Біо-гель у нормі 1,5 л/т насіння [134].

Дослідженнями О. О. Ходаніцької [146] встановлено, що під впливом регуляторів росту суттєво активізується мінеральне живлення рослин. Зокрема, автор спостерігала підвищення засвоєння азоту та фосфору, що сприяло інтенсивнішому розвитку вегетативної маси. Це пояснюється стимулюючим ефектом регуляторів на ферментативну активність та поглинальну здатність кореневої системи. Морфогенетичні зміни, спричинені дією стимуляторів, охоплюють активацію процесів органогенезу – особливо в частині формування бічних пагонів, коробочок та генеративних органів. У результаті збільшувалась кількість коробочок на рослині, маса 1000 насінин,

що забезпечувало зростання врожайності культури в межах 10–18% залежно від дібраного препарату та його концентрації [145].

Крім того, регулятори росту впливають на формування анатомо-морфологічної структури стебла. Згідно з даними [144], у рослин, які обробляли, збільшувалась висота, товщина стебла та кількість вузлів, а також загальна маса стебла. Це сприяє покращенню внутрішньої провідної системи та забезпечує більш ефективне транспортування води й поживних речовин. За результатами досліджень О. О. Ходаніцької [147] встановлено, що передпосівна обробка насіння значно покращує швидкість і дружність появи сходів, підвищує енергію проростання, що закладає основу для рівномірного та стабільного розвитку посівів у ранній період вегетації.

Дослідниці О. О. Ходаніцька та В. Г. Кур'ята [148] проаналізували ефективність застосування хлормекватхлориду та трептолему у вирощуванні льону олійного. Отримані результати засвідчили, що ці регулятори росту сприяли зростанню врожайності на 12–20 %, залежно від умов вирощування та схеми обробки. Водночас авторами було визначено позитивну динаміку у формуванні якісного складу насіння: підвищувався вміст α-ліноленової кислоти – цінної поліненасиченої жирної кислоти, та знижувався рівень насичених жирів. Такі зміни сприяли покращенню харчової цінності лляної олії, що є важливим показником як для споживача, так і для підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Крім того, проведені дослідження [133] підтверджують, що застосування мікробіологічних препаратів для передпосівної обробки насіння, позитивно позначається не лише на рівнях урожайності та олійності, але й на формуванні дружних сходів і основних структурних елементів урожаю, таких як кількість коробочок і маса насіння.

Ефективність передпосівної обробки насіння льону олійного підтверджена низкою вітчизняних та зарубіжних досліджень. Зокрема, позитивні зміни в показниках урожайності при застосуванні таких заходів відзначаються у працях М. А. Мельника і С. О. Зайця, а також у наукових

публікаціях А. В. Тігової з колегами [100, 135]. До аналогічних висновків дійшли і закордонні вчені, серед яких – A. Khusainov та M. N. Khan у співавторстві з іншими дослідниками [194, 195], вони також встановили зростання продуктивності культури за умови застосування передпосівної обробки насіння стимуляторами і біопрепаратами.

Забезпечення льону олійного мінеральними елементами живлення в оптимальних кількостях є одним з основних чинників формування його врожайності та якості насіння. Ряд досліджень, проведених в умовах України та за її межами, свідчать про ефективність системного внесення макро- та мікроелементів як у передпосівний період, так і упродовж вегетації. Одним із базових елементів живлення льону є азот, який особливо важливий на ранніх етапах вегетації. У польових дослідженнях, проведених у Карпатському регіоні, встановлено, що внесення азоту в дозах N_{30} під передпосівну культивацію та додатково N_{15} у фазі «ялинки» забезпечувало підвищення врожайності насіння на 18–22 % порівняно з контролем [160]. Найефективнішими формами виявилися аміачна селітра, КАС та сульфат амонію, що пов’язано з доступністю азоту у відповідних фазах росту.

Льон олійний характеризується відносно низькою потребою в елементах живлення, проте внаслідок короткого вегетаційного періоду для забезпечення повноцінного росту та розвитку культура потребує оптимального вмісту доступних поживних речовин у ґрунті. Результати досліджень [111] підтверджують, що застосування мінеральних добрив позитивно впливає на продуктивність льону, забезпечуючи підвищення врожайності.

Застосування мінеральних добрив (NPK) суттєво впливає на продуктивність рослин та якісні показники врожаю (рис. 1.9). Актуальність досліджень зростає в умовах змін клімату та зниження вмісту органічної речовини в ґрунтах зони Степу України.

Азот є основним елементом живлення, який визначає ріст і розвиток льону, впливаючи на формування вегетативної маси і генеративних органів. Згідно з дослідженнями, оптимальна доза азоту становить 100–150 кг/га, що

забезпечує підвищення врожайності насіння на 15–25% [171]. Азотне живлення також позитивно впливає на біохімічний склад насіння, зокрема підвищує вміст білка до 20–22%, сприяє зростанню олійності на 3–5% та покращує якісний склад жирних кислот, зокрема збільшує вміст ліноленової кислоти [191].

Рис. 1.9. Вплив мінеральних добрив на льон олійний

Фосфор забезпечує розвиток кореневої системи, подальші фази цвітіння та формування насіння. Оптимальна доза P_2O_5 – 80–120 кг/га. За дослідженнями Xie et al. [223], така доза забезпечує приріст урожайності насіння на 15–20%, а також збільшує вміст у ньому лігнанів, заліза і міді. Перевищення дози понад 160 кг/га може знижувати якість насіння внаслідок зменшення вмісту харчових волокон і мікроелементів.

Калій покращує водний режим рослин, підвищує стійкість до стресу та якість насіння. Оптимальна доза калію – 60–120 кг K_2O/га. При внесенні калійних добрив підвищується врожайність на 10–15%, зменшуються окисні показники олії (кислотне та пероксидне число) [208].

Комплексне внесення $N_{100}P_{150}K_{120}$ у поєднанні з органічними добривами та вапнуванням в умовах довгострокового польового досліду було

найефективнішим: урожайність зросла на 21%, олійність – до 35–37%, білок – на 2,7%, ліпіди – на 5,1% [225].

Дослідженнями, проведеними на темно-каштанових ґрунтах, визначено значний вплив умов вологозабезпечення та мінерального живлення на врожайність льону олійного. У природних (незрошуваних) умовах урожайність коливалася в межах 0,96–1,59 т/га, тоді як за зрошення вона зростала до 1,38–2,14 т/га. Середній приріст урожайності від проведення поливів склав 0,47 т/га, або 36,1 %. Застосування мінеральних добрив суттєво збільшувало продуктивність культури. За природного зволоження врожайність підвищувалася з 1,03 т/га у варіанті без удобрення до 1,48 т/га за їх внесення у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$. У зрошуваних умовах використання цієї ж норми добрив забезпечило приріст з 1,77 до 2,00 т/га. Отже, ефективність мінерального живлення проявлялася більшою мірою за умов достатньої зволоженості. Найвищих показників урожайності насіння льону олійного в обох варіантах вологозабезпечення було досягнуто саме за внесення добрив у нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$. Разом з тим, за результатами економічного аналізу, оптимальне співвідношення між витратами на добрива та приростом урожайності визначено за застосування меншої дози – $N_{45}P_{30}K_{30}$, яка забезпечила найвищі показники окупності добрив приростом насіння [141].

У ґрунтово-кліматичних умовах Миколаївської області ефективним агротехнічним заходом у вирощуванні льону олійного є осіннє внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{60}K_{30}$. Такий підхід забезпечує створення стартового фону живлення для майбутнього росту рослин. Крім того, на ранніх етапах розвитку, під час сівби, доцільно додатково вносити нітроамофоску в нормі 50 кг/га, що сприяє кращому формуванню проростків та розвитку кореневої системи за достатнього зволоження ґрунту. За умов обмеженої кількості вологи упродовж вегетації, такий захід, за даними регіональних досліджень, може забезпечити приріст урожаю до 35% [95].

Результати багаторічних дослідів, проведених на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті науковцями Інституту землеробства НААН України,

підтверджують, що оптимізація елементів живлення значною мірою впливає на продуктивність льону олійного. Залежно від варіанта удобрення, приріст урожаю становив 0,28–1,26 т/га. Найвищих показників вдалося досягти при застосуванні основного внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$ у поєднанні з позакореневим підживленням аміачною селітрою (N_{15}) у фазі розвитку «ялинка» [13].

Для створення повноцінного поживного середовища, що сприяє росту та розвитку рослин льону олійного, важливим є не лише внесення макродобрив, а й забезпечення культури доступними мікроелементами. Найбільш ефективним підходом вважається поєднання мінерального живлення з передпосівною обробкою насіння мікроелементами, що дозволяє активізувати фізіолого-біохімічні процеси ще на ранніх етапах органогенезу.

Зокрема, за результатами польових досліджень, протруювання насіння льону олійного розчинами, що містять марганець, забезпечувало приріст урожайності на 0,11 т/га. Обробка бором сприяла збільшенню врожаю на 0,10–0,12 т/га, тоді як застосування молібдену – на 0,04–0,10 т/га. Крім того, позитивний ефект отримано при використанні цинку, міді та кобальту, які забезпечували приріст урожайності на рівні 0,09 т/га. Ці показники свідчать про важливе значення мікроелементного живлення у технології вирощування льону, особливо за умов дефіциту вологи й підвищеного температурного режиму, що є характерним для зони Степу України [35, 114, 164].

Наявність елементів живлення у ґрунтовому середовищі ще не гарантує високої продуктивності льону олійного. Ефективність мінерального та мікроелементного живлення залежить не лише від загального вмісту поживних речовин у ґрунті, а й від здатності культури засвоювати їх упродовж критичних фаз розвитку. Одним із головних чинників є форма, в якій елемент надходить рослині. На основі агрофізіологічних досліджень встановлено, що мікроелементи в хелатній формі – органічно зв’язані комплекси – мають вищу біодоступність і краще засвоюються кореневою системою. Хелати забезпечують стійкість елементів до фіксації у ґрунті, особливо на фоні високої

pH, що може бути проблемою для деяких різновидів ґрунтів Південного Степу. Застосування мікродобрив у хелатованій формі сприяє кращому поглинанню цинку, міді, марганцю та бору, що, у свою чергу, позитивно впливає на біохімічні процеси, фотосинтез, синтез білків і формування повноцінного насіння [10].

Бор необхідний для нормального поділу клітин, формування генеративних органів і транспорту вуглеводів. У дослідженні В. В. Гамаюнової та І. О. Задирко, проведеному в Південному Степу України, обгрунтовано ефективність комбінованого застосування мінеральних добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ разом із мікроелементами: Баст Комплекс, Бор, Органік Д-2М. Таке поєднання забезпечувало приріст урожайності насіння льону на 0,51–0,58 т/га, що становило понад 49% у порівнянні з контролем (1,03 т/га). Крім того, підвищувався вміст жиру в насінні, покращувався якісний склад жирних кислот. Це свідчить про значну ефективність навіть помірних доз добрив за умови доповнення їх мікроелементами [21, 26].

Цинк приймає участь у синтезі білків, регуляції росту та ферментативній активності. Внесення препаратів на основі цинку (наприклад, Баст Цинк, Комплекс-Цинк) забезпечує підвищення вмісту білка в насіння на 3–5%, а також збільшує масу 1000 насінин та загальну врожайність [225].

Марганець активує фотосинтетичні реакції та ферменти дихання. За даними польових дослідів у Степу, мікродобрива на основі Mn у фазу 6–8 листків збільшували масу рослин, кількість коробочок та олійність насіння [209].

У багатьох дослідженнях ефективними виявилися комплексні препарати типу Баст Комплекс, Реаком-Р Люкс, Мікро-Мінерал. Їх застосування одночасно з макродобривами сприяло кращому засвоєнню елементів живлення, зростанню стійкості до абіотичних стресів та покращенню біохімічного складу насіння [23, 25, 26, 82, 126, 134].

Залучення біопрепаратів на різних етапах вирощування льону сприяє покращенню ростових процесів, посиленню імунітету рослин і формуванню

якіснішого насіння. У дослідженнях [59, 80, 81] визначено, що використання біодеструкторів для обробки рослинних решток попередника, а також позакореневе підживлення біопрепаратами й органо-мінеральними сумішками сприяють підвищенню врожайності культури.

Мікродобрива, у поєднанні з основними елементами живлення, відіграють важливу роль у забезпеченні фізіологічних процесів у рослині. Вони активізують ріст, стимулюють цвітіння та достигання, підвищують стійкість до несприятливих умов середовища та знижують ураження бактеріальними й грибковими хворобами [188]. Найбільш ефективними вважаються мікроелементи в хелатній формі, що забезпечує їх легке засвоєння рослинами [78, 88].

Результати досліджень [60] свідчать про високу ефективність інтегрованої системи живлення у технології вирощування льону олійного. Застосування комплексного підходу, який передбачає поєднання мінеральних добрив, біологічних препаратів та проведення передпосівної обробки насіння, дало змогу досягти суттєво вищих показників продуктивності та економічної віддачі. Зокрема, врожайність насіння в такому варіанті становила 16,71 ц/га, що супроводжувалося отриманням чистого прибутку на рівні 4114 грн/га. Для порівняння, за використання винятково органічної системи живлення без додаткового мінерального забезпечення, урожайність культури була нижчою - 12,52 ц/га, а економічна ефективність поступалася інтегрованому варіанту, становлячи 2790 грн/га прибутку. Це свідчить про доцільність застосування інтегрованого живлення як агротехнологічного заходу, що дозволяє не лише підвищити врожайність і якість продукції, але й забезпечити оптимальне співвідношення витрат і прибутку в умовах сучасного виробництва.

Для агроекологічних умов Південного Степу України доцільним є застосування інтегрованої системи мінерального живлення (зокрема елементів NPK) у поєднанні з поливним режимом. Такий підхід дозволяє компенсувати нестачу вологи в критичні періоди органогенезу льону олійного. Адаптивна технологія вирощування має включати оптимізацію строків сівби, науково

обґрунтовану норму висіву та використання сортів, які характеризуються високою посухостійкістю та адаптивністю до змін клімату [122, 124].

За даними багатьох авторів [181, 213, 218], саме інтегровані технології мають найбільшу перспективу в адаптації культури до несприятливих чинників довкілля, зокрема зростання посушливості, та сприяють формуванню сталого землекористування.

N. Sood et al. [218] зазначають, що інтегроване застосування органічних добрив (вермикомпосту або гною) разом із мінеральними (NPK) та бактеріальними препаратами (*Azotobacter spp*.) забезпечує приріст урожаю насіння на 15–25 %, порівняно з варіантами, де застосовували лише мінеральне живлення. При цьому відзначають підвищення економічної ефективності, яке пов’язане з меншими витратами на внесення лише мінеральних добрив, кращим засвоєнням елементів живлення та покращенням родючості ґрунту за рахунок активності мікробіоти.

Дослідженнями M. G. Dawood et al. [181] підтверджено, що передпосівна обробка насіння препаратами на основі мікоризних грибів та дріжджових екстрактів сприяє суттєвому підвищенню польової схожості, біомаси рослин, а також вмісту олії в насінні (до 8 % порівняно з контролем). Також було встановлено, що використання таких біопрепаратів значно посилює антиоксидантну активність рослин і сприяє накопиченню в насінні біологічно активних речовин, зокрема поліфенолів і флавоноїдів, які визначають високу харчову цінність насіння.

За результатами A. Rahman et al. [213] встановлено, що використання комплексних систем живлення, які включають оптимальні дози мінеральних добрив (фосфорні та калійні) сумісно з фоліарним внесенням мікроелементів (цинк та бор), забезпечує не лише високий рівень урожайності, але й суттєве покращення жирнокислотного складу олії. Зокрема, такі технології сприяють збільшенню вмісту α-ліноленової кислоти, що значно підвищує ринкову вартість продукції.

Важливість застосування сірки та оптимізації фосфорного живлення для льону олійного підтверджена дослідженнями Y. Xie et al. [223]. Автори відзначають, що саме інтегровані системи живлення, які поєднують внесення 60–80 кг P_2O_5/га та додаткове внесення 30–50 кг/га сірки, сприяють отриманню максимальної врожайності (до 1,75–1,90 т/га), покращують засвоєння мікроелементів і забезпечують високі показники якості насіння (олійність, кислотне число, пероксидне число).

P. J. Wakudkar et al. [222] на основі польових досліджень встановили, що поєднання мінеральних добрив із вермикомпостом і бактеріальними консорціумами дозволяє отримати чистий прибуток до 22 тис./га, що на 40 % перевищувало контрольний варіант. Водночас рівень рентабельності виробництва насіння льону зріс до 1,8–2,2, що свідчить про високу економічну ефективність таких технологій у порівнянні з традиційними підходами до живлення культури.

Таким чином, комплексні системи живлення льону олійного, які поєднують передпосівну обробку насіння, оптимізовані дози мінеральних добрив (NPK, мікроелементи) та біопрепарати на основі корисних мікроорганізмів, забезпечують найвищі рівні врожайності, показники якості насіння та економічної ефективності. Це підтверджує актуальність і перспективність подальших досліджень та впровадження таких елементів технології в аграрне виробництво.

Висновки до розділу 1

1. У розділі висвітлено значення льону олійного для національного господарства, з урахуванням його переваг у порівнянні з іншими олійними культурами. Розглянуто сучасні тенденції виробництва льону олійного як в Україні, так і на глобальному рівні, зокрема в державах, що є основними його виробниками. Проаналізовано чинники, які спричиняють коливання валових зборів цієї культури в Україні залежно від року вирощування. Окремо

приділено увагу її експортному потенціалу, який значною мірою визначає рентабельність виробництва льону олійного. Обґрунтовано, що льон олійний має високу цінність як з агрономічної, так і з економічної точок зору, відіграючи важливу роль у формуванні екологічно сталого землеробства. Його успішне вирощування потребує адаптації технологій до змін клімату, впровадження елементів точного землеробства, удосконалення сортового складу та розвитку логістичної й переробної інфраструктури. В умовах України ця культура залишається перспективною як для традиційного землеробства, так і в системі органічного виробництва, що відкриває нові напрями для розширення експорту та задоволення внутрішніх потреб.

2. Одним із вирішальних чинників ефективного розкриття продуктивного потенціалу льону олійного за умов обмеженого вологозабезпечення є обґрунтований добір сорту. Стійкість культури до посухи значною мірою визначається її спадковими ознаками, зокрема морфологією та глибиною проникнення кореневої системи, здатністю утримувати і використовувати вологу, тривалістю періоду вегетації та здатністю ефективно використовувати вологу. Адаптовані до зони вирощування сорти проявляють кращу витривалість до стресових умов – високих температур і дефіциту води – завдяки поліпшеній осморегуляції, ефективнішій роботі фотосинтетичного апарату та скоригованим періодом розвитку. У контексті сталого розвитку аграрної галузі вирощування льону олійного потребує впровадження високопродуктивних сортів, які поєднують високий вміст жиру в насінні, толерантність до екологічних стресів і стійкість до основних патогенів. Такі сорти здатні забезпечити виробництво конкурентоспроможної продукції, що відповідає міжнародним стандартам якості. Наукові публікації підтверджують, що сорт є визначальним елементом у формуванні як рівнів урожайності, так і показників якості насіння льону олійного.

3. Результатами проведення багатьох досліджень підтверджено високу результативність застосування інтегрованих систем живлення у

технології вирощування льону олійного. Впровадження комплексного підходу, що поєднує використання мінеральних добрив, біопрепаратів і передпосівної обробки насіння, забезпечує істотне зростання врожайності та підвищення економічної ефективності. Зокрема, поєднання біологічної передпосівної обробки насіння, збалансованого мінерального живлення (NPK з урахуванням мікроелементів) і застосування мікробних препаратів дозволяє досягти найвищих показників продуктивності, якісного складу насіння та прибутковості. Такий підхід до вирощування льону олійного засвідчує свою перспективність та обґрунтовує необхідність подальших досліджень і широкого впровадження в сучасне сільськогосподарське виробництво.

Публікації за розділом 1

1. Зелінський Ю. А. Аналіз сучасного стану та перспектив вирощування льону олійного: Україна в контексті світових змін. Аграрні інновації. 2025. No 29. С. 333–341. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.51.

2. Зелінський Ю. А. Льон олійний як стратегічна культура для сталого розвитку аграрного сектору України. Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 28–30 травня 2025 р.) / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2025. С. 82–84. DOI: https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-25

3. Зелінський Ю.А., Гамаюнова В.В. Перспективи вирощування льону олійного в Україні за зміни кліматичних умов. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Global Trends in Science: Research, Innovation and Development» (June 23–25, 2025. Varna, Bulgaria). European Open Science Space, 2025. P. 15–18.

4. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Зелінський Ю. А., Пилипенко Т. В. Диверсифікація культур олійної групи як можливість раціонального використання природних ресурсів в зоні Південного Степу України (на прикладі Миколаївської області). Раціональне використання природних ресурсів в умовах глобальних викликів : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Астрая, 2025. С. 355–375. ISBN 978-617-8466-38-1.

5. Методичні рекомендації для сільгосптоваровиробників Миколаївщини з проведення агроекологічного вивчення та розроблення економічного обґрунтування трансферу нішевих олійних культур в агропромисловому комплексі Миколаївської області / В. В. Гамаюнова, Т. В. Бакланова, Л. Г. Хоненко, Ю. А. Зелінський, Т. В. Пилипенко. С-ще Полігон, Миколаївського району, Миколаївської області, Україна. Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, 2025. 25 с.

РОЗДІЛ 2
ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ЗОНИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Основні характеристики чорнозему південного

Географічне розташування досліду має важливе значення для узагальнення результатів досліджень, адже воно визначає як природні умови вирощування культури, так і специфіку її адаптації до кліматичних і ґрунтових чинників регіону. Польовий дослід із визначення впливу передпосівної обробки насіння та ресурсоощадного живлення на врожайність і якість насіння льону олійного проводили упродовж 2022–2024 років на базі дослідного поля Державної установи “Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України”.

Дослідна станція розташована в селищі Полігон, що знаходиться в центральній частині Миколаївської області, за координатами приблизно 47°05′ пн. ш. та 31°55′ сх. д. Територіально ця зона належить до Південного Степу України – агрокліматичної зони з переважанням посушливих умов, тривалим теплим вегетаційним періодом та обмеженою кількістю атмосферних опадів. Регіон характеризується значним приходом позитивних температур, що сприяє інтенсивному фотосинтезу та розвитку теплолюбних культур, зокрема льону олійного. Селище Полігон має розвинену інфраструктуру для проведення наукових дослідів, а сама дослідна станція – значний досвід у вивченні технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату.

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземами південними малогумусними, які формуються на лесових суглинках. Чорноземи південні – це ґрунти, які мають характерні морфологічні та агрохімічні особливості, сформовані під впливом посушливого клімату Степу

України. Однією з головних відмінностей цих ґрунтів є відносно слабко виражений процес гумусонакопичення порівняно з чорноземами типовими. Гумусовий горизонт, як правило, сягає глибини до 60–65 см, що зумовлено низькою біологічною активністю за обмеженої кількості вологи. Генетичні горизонти чорноземів південних мають порівняно невелику потужність у вертикальному профілі, а на глибинах від 1,5 м часто виявляються карбонатні конкреції та гіпсові утворення, що є наслідком тривалого процесу мінералізації [71, 181, 213]. Структура таких ґрунтів зазвичай грудкувато-зерниста або призматична, з важким механічним складом, що обумовлює певні обмеження у водопроникності, але забезпечує задовільні властивості утримання вологи.

Серед важливих діагностичних ознак чорноземів південних варто відзначити тенденцію до солонцюватості, яка виявляється у підвищеному вмісті обмінних магнієвих катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі (ҐВК). Їх частка може коливатися в межах 15–25% від ємності вбирання. Це є основною причиною залишкової солонцюватості, оскільки вміст обмінного натрію, на відміну від темно-каштанових ґрунтів, залишається на низькому рівні - переважно не більше 5% від загальної ємності вбирання [105, 130, 138].

Хімічні властивості чорноземів південних мають нейтральну або слабколужну реакцію ґрунтового розчину, хоча в окремих випадках вона може бути слабкокислою, залежно від рівня мінералізації та умов сільськогосподарського використання. Ємність катіонного обміну варіює в широкому діапазоні – від 15 до 50 мг-екв./100 г ґрунту, що зумовлено як генетичними особливостями, так і впливом агротехнічних заходів.

Вміст гумусу у верхньому горизонті чорноземів південних зазвичай коливається в межах 2,5–3,5%, що відповідає помірному рівню родючості. Валовий вміст азоту у ґрунті знаходиться в межах 0,18–0,29% і тісно пов’язаний з вмістом гумусу та потужністю органогенного горизонту. Ці ґрунти також добре забезпечені фосфором та калієм у доступних для рослин формах, що визначає їх придатними для вирощування багатьох культур навіть за умов обмеженого зволоження. Що стосується натрію, то його вміст у ґрунті

зазвичай становить від 0,1 до 1,0 мг-екв./100 г ґрунту. Це незначне накопичення натрієвих солей може спричиняти слабку вторинну солонцюватість, особливо в нижніх шарах або при порушенні дренажного режиму.

Водні властивості чорноземів південних оцінюються як задовільні. В орному шарі частка водостійких агрегатів, які зберігають структуру при зволоженні, складає біля 25–30%. Це сприяє сталому забезпеченню кореневої системи вологою за умов ефективного управління елементами технології та водним режимом [1, 12, 89].

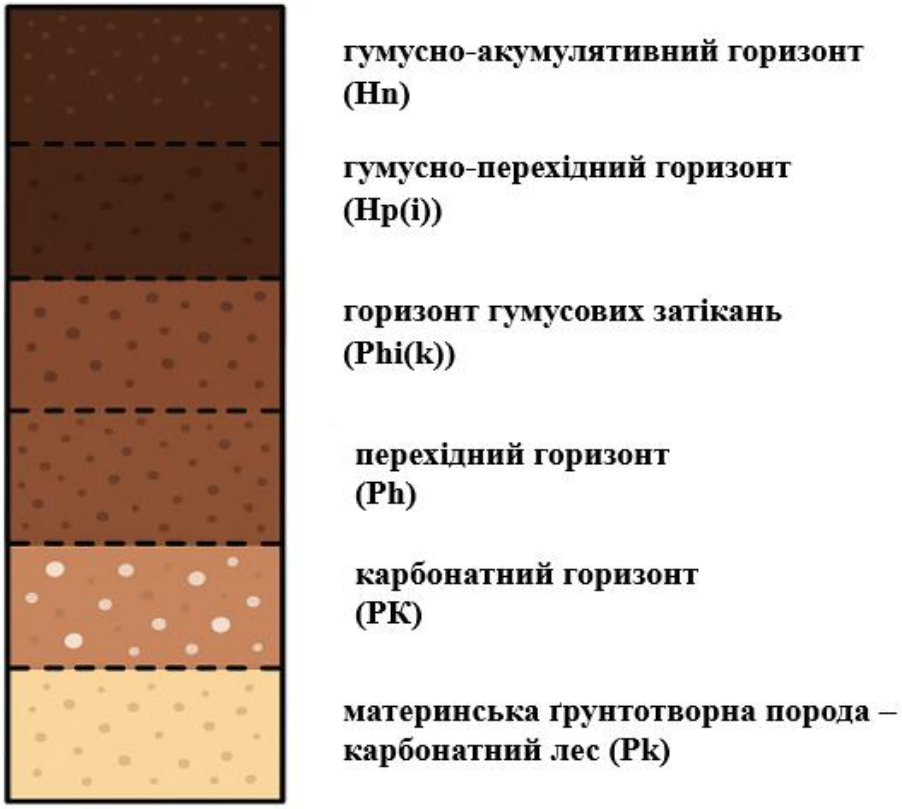


Рис. 2.1. Ґрунтовий профіль дослідних ділянок

Відповідно до існуючих класифікацій ґрунтів за гранулометричним складом [38, 112], ґрунт дослідних ділянок характеризується як важкосуглинковий, при цьому відсутня виражена диференціація гранулометричного складу в межах генетичних горизонтів (рис. 2.1).

Основні фізичні та фізико-хімічні характеристики орного шару ґрунту дослідних ділянок представлені на рис. 2.2. Зокрема, щільність складення ґрунту перебуває у межах від 1,22 до 1,25 г/см³, що, за класифікацією щільності суглинкових і глинистих ґрунтів, запропонованою Н. А. Качинським [1], свідчить про ущільнений стан орного шару. Водночас щільність твердої фази ґрунту має типові значення для чорноземів південних важкосуглинкових, перебуваючи у межах від 2,60 до 2,62 г/см³.

Використовуючи отримані дані щодо щільності ґрунту та щільності його твердої фази, було розраховано загальну пористість, яка становить від 52,3 до 53,1%. Відповідно до класифікації пористості ґрунтів за Качинським Н. А. [1], такі значення характеризуються як задовільні, перебуваючи в межах 50–55%. Це свідчить про достатню кількість шпар у ґрунті для нормального розвитку кореневої системи культурних рослин, а також про прийнятний водно-повітряний режим у межах дослідних ділянок.

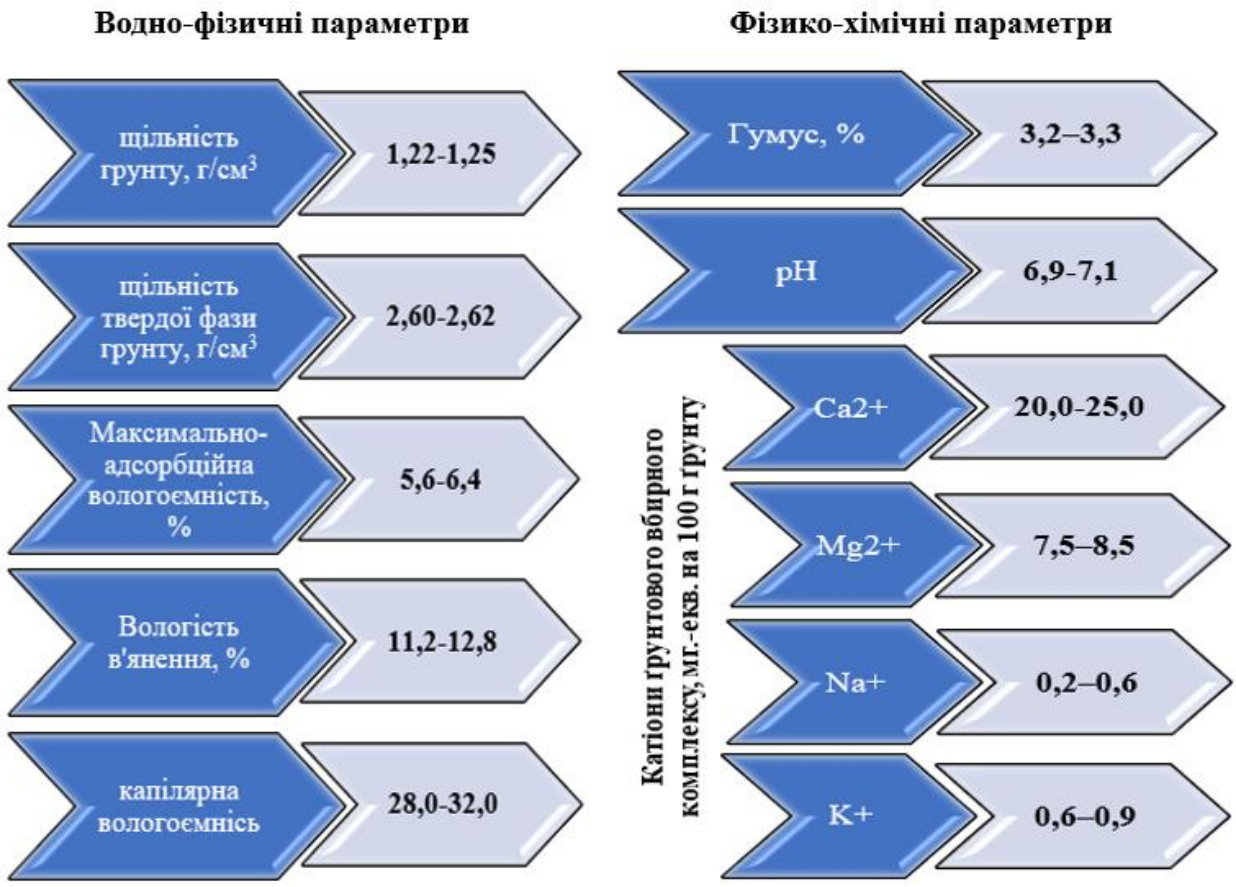


Рис. 2.2. Водно-фізичні та фізико-хімічні параметри орного шару ґрунту дослідних ділянок

Вміст гумусу в орному шарі ґрунту (0–30 см) дослідних ділянок становить 3,2–3,3%, що дає підстави класифікувати його як малогумусний. Такий рівень забезпеченості органічною речовиною характерний для чорноземів південного типу, які сформувалися в умовах посушливого клімату із послабленими процесами гумусонакопичення. Важливим показником родючості ґрунту є також реакція ґрунтового середовища, яка за отриманими даними є нейтральною та коливається у межах значень pH 6,9–7,1, що створює оптимальні умови для доступності більшості поживних речовин рослинам.

Загальна ємність катіонного обміну становить 39–43 мг-еквіваленти на 100 г ґрунту, що вказує на досить високий рівень поглинальної здатності ґрунту. Домінуючим компонентом у складі катіонного обмінного комплексу є кальцій (Ca^{2+}), концентрація якого становить 20–25 мг-екв./100 г ґрунту. Значна частка припадає також на магній (Mg^{2+}) – 7,5–8,5 мг-екв./100 г, що свідчить про добре виражену кальцієво-магнієву насиченість ґрунтового вбирного комплексу. У порівнянні з цими елементами вміст натрію (Na^{+}) і калію (K^{+}) значно нижчий – відповідно 0,2–0,6 і 0,6–0,9 мг-екв./100 г ґрунту.

Такий катіонний склад є типовим для незасолених ґрунтів із помірним рівнем природної родючості, в яких переважають лужноземельні елементи – Ca і Mg, що відіграють важливу роль у регулюванні кислотно-лужного балансу, структуроутворенні та фізіології рослин. Водночас важливо враховувати, що хімічні властивості ґрунту формуються під впливом комплексу природних і антропогенних чинників, таких як кліматичні умови, склад ґрунтотворної породи, агротехнічні заходи тощо, й істотно впливають на продуктивність культурних рослин [177, 198, 205, 212].

За наявності дисбалансу між макро- і мікроелементами або їх дефіциту рослини не здатні повноцінно реалізувати свій генетичний потенціал [154, 203, 205]. У деяких випадках можливе також накопичення токсичних елементів або

надлишок окремих іонів, зокрема натрію, що може призводити до деградаційних процесів у ґрунті – засолення, осолонцювання, порушення структури [207, 210, 217].

Для забезпечення сприятливих умов, необхідних для успішного росту і розвитку рослин, важливо створити оптимальний агрохімічний, фізичний та біологічний фони у ґрунті. Це передбачає забезпечення достатньої кількості поживних речовин, створення та підтримання належного водного, температурного та повітряного режимів ґрунту. Крім того, важливе значення має кислотність або лужність ґрунтового середовища, яка у випадку відхилення від оптимальних значень потребує коригування. Також важливим є контроль за концентрацією ґрунтового розчину, оскільки всі ці фізико-хімічні та біологічні параметри значною мірою визначають родючість ґрунтів і впливають на продуктивність сільськогосподарських культур [149].

Серед основних факторів, що визначають родючість ґрунту, першочергове значення має вміст гумусу. Гумус не тільки є основним джерелом поживних речовин для рослин, але й суттєво впливає на структурний стан ґрунту, його вологоутримуючу здатність та активність мікроорганізмів. Окрім цього, важливою умовою для формування високих урожаїв є наявність у достатній кількості необхідних макро- та мікроелементів, таких як азот, фосфор, калій, магній, кальцій та інші, що забезпечують нормальний перебіг фізіологічних процесів у рослинах [186, 221].

За результатами дослідження встановлено, що у ґрунтовому профілі дослідних ділянок простежується закономірне зниження вмісту гумусу із поглибленням генетичних горизонтів, що ілюструє рисунок 2.3. Зокрема, в гумусно-акумулятивному горизонті (Hn) концентрація гумусу складає 3,2%, а у нижчих, глибших горизонтах, таких як карбонатний горизонт (РК), вона знижується до 0,6%. Подібна тенденція є типовою і характерною для чорноземних ґрунтів, де основна кількість органічної речовини концентрується саме у верхніх шарах.

Аналогічна тенденція зменшення з глибиною спостерігається і для вмісту макроелементів, зокрема загального азоту, визначеного за методикою ДСТУ ISO 11261–2001, і рухомого фосфору, визначеного за методом Мачигіна (ДСТУ 4114–2002) (рис. 2.4). Це пов’язано з тим, що в ґрунтових горизонтах нижче орного шару знижується інтенсивність процесів гуміфікації та мінералізації органічних речовин, відповідно, менше накопичується доступних форм поживних елементів.

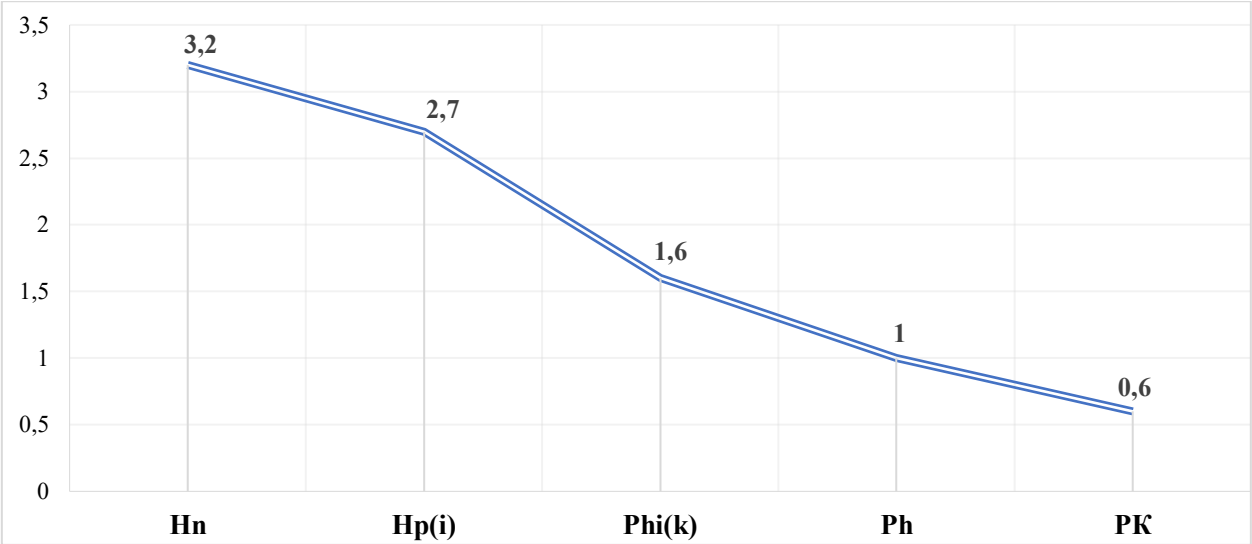


Рис. 2.3. Вміст гумусу (за І. В. Тюріним) за генетичними горизонтами ґрунту дослідних ділянок, %

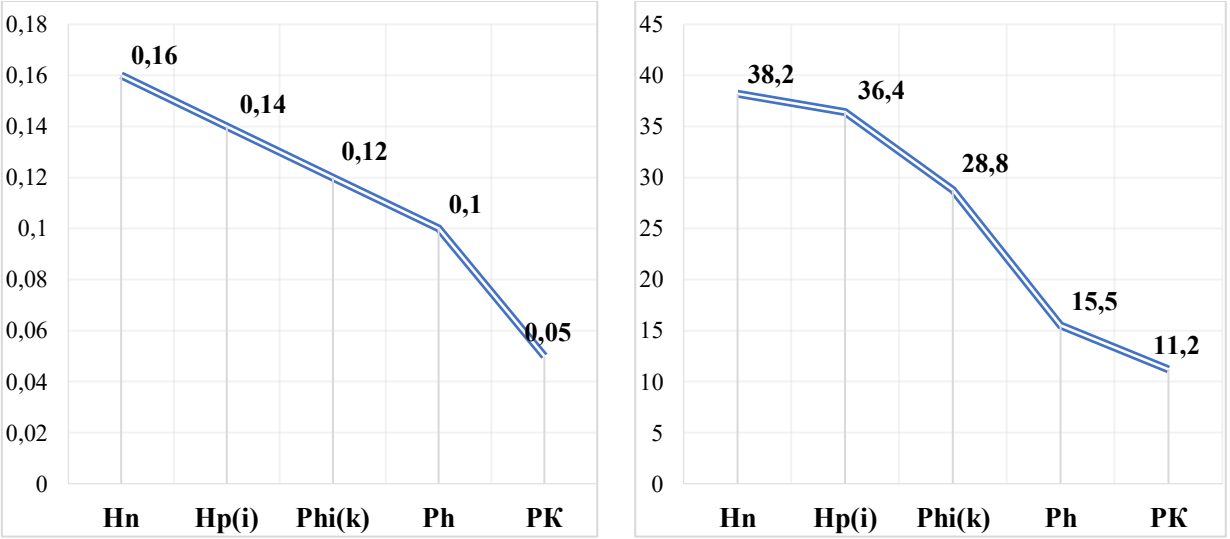


Рис. 2.4. Вміст за генетичними горизонтами ґрунту дослідних ділянок

сполук загального азоту (ДСТУ ISO 11261–2001) та рухомого фосфору (за Мачигіним)

Отже, при оцінці потенційної родючості ґрунту та розробці ефективних систем удобрення необхідно враховувати просторову неоднорідність розподілу гумусу та поживних речовин у межах ґрунтового профілю. Це дозволить підібрати найбільш оптимальні технологічні рішення для підвищення продуктивності посівів сільськогосподарських культур.

2.2. Погодно-кліматичні умови зони досліджень

Миколаївська дослідна станція розташована в селищі Полігон Миколаївської області, відноситься до зони Південного Степу України, яка характеризується різко континентальним, посушливим кліматом із вираженими ознаками аридизації. Такі кліматичні умови формують специфіку агровиробництва та вимагають ретельної адаптації вирощуваних культур до обмеженого водозабезпечення, високого температурного режиму та частих погодних стресів.

Середньорічна температура повітря становить +9,8...+10,5 °С. Безмрозний період триває до 210–225 днів на рік, що забезпечує достатню кількість тепла для вирощування теплолюбних сільськогосподарських культур. Сума активних температур (вище +10 °С) за сезон перевищує 3200–3400 °С. Це дозволяє ефективно вирощувати льон олійний, соняшник, кукурудзу, просо та інші культури, адаптовані до посушливих умов.

У літній період спостерігаються часті температурні піки до +38…+41 °С, а на поверхні грунту – до 60 °С і більше, що ускладнює водозабезпечення рослин і потребує оптимізації режиму живлення. Зимовий період нестабільний – із частими відлигами, повторними заморозками, коли температура може знижуватись до -25 °С.

Регіон має один із найвищих показників інсоляції в Україні – понад 2200–2300 годин сонячного сяйва на рік. Кількість сонячних днів перевищує

270, що сприяє інтенсивному фотосинтезу й швидкому розвитку рослин упродовж вегетації. У зимовий період (грудень–лютий) переважає значна кількість хмарних (18–21 днів) і похмурих днів (6–10 днів), що зумовлено частими циклонами та високою вологістю повітря. У цей період кількість сонячних днів залишається мінімальною – лише 6–8 днів на місяць (рис. 2.5).

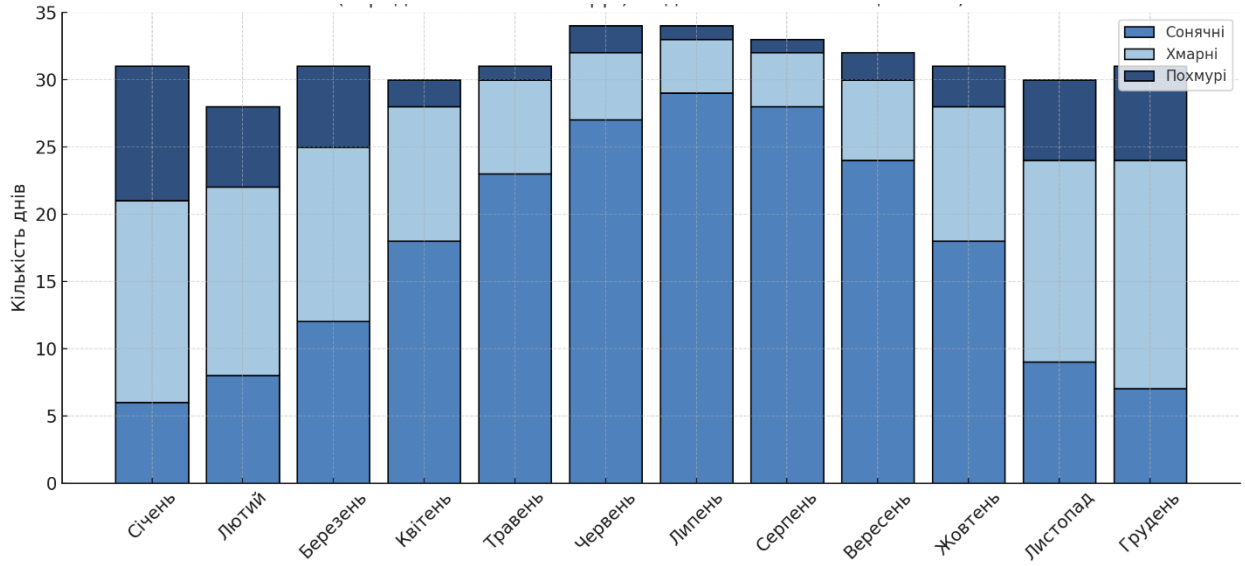


Рис. 2.5. Кількість сонячних, похмурих і хмарних днів (середнє за 2022–2024 рр.)

Починаючи з березня, інтенсивність сонячного освітлення зростає: у квітні та травні фіксується в середньому 18–23 сонячних днів на місяць, водночас кількість похмурих днів значно зменшується (1–4 дні).

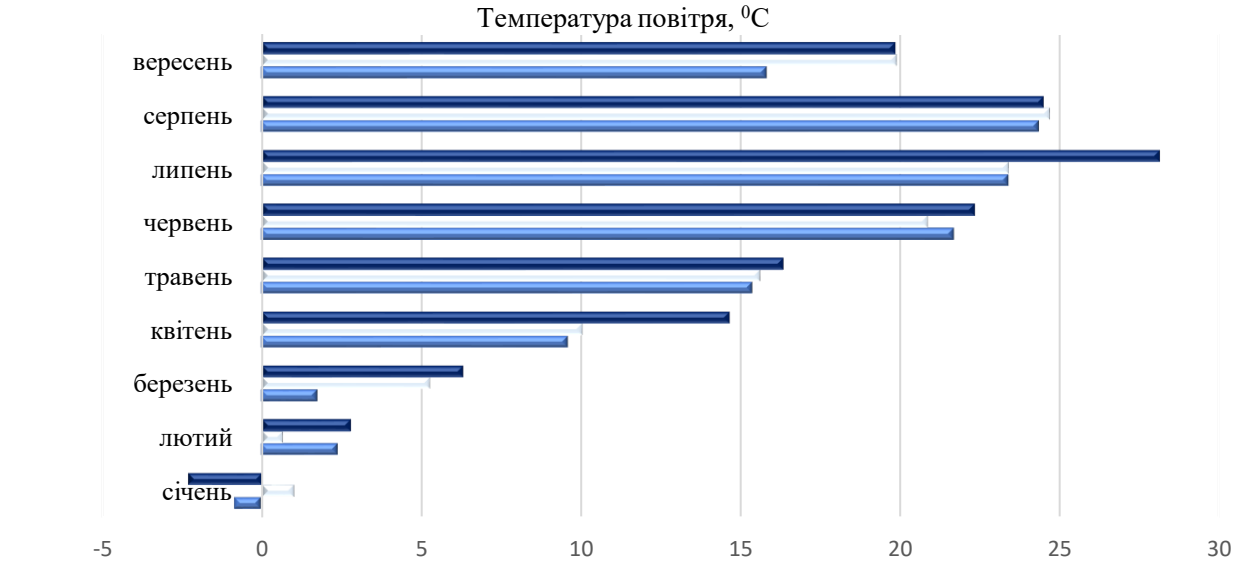
Найбільша кількість сонячних днів спостерігається у літні місяці - червні, липні та серпні (27–29 днів), що є характерним для Південного Степу України. У цей період кількість хмарних і похмурих днів є найменшою (4–6 і 1–2 відповідно), що сприяє активному фотосинтезу та формуванню сталих врожаїв особливо за наявності вологи.

У вересні та жовтні починається поступове зменшення кількості сонячних днів (до 18–24), натомість збільшується кількість хмарних (6–10) і похмурих днів (3–5), що відповідає сезонному зниженню температур і збільшенню вологості.

Листопад і грудень знову характеризуються високою часткою хмарної та похмурої погоди: кількість хмарних днів сягає 18–20, а похмурих – 6–9, при цьому спостерігається різке зменшення тривалості сонячного сяйва (7–9 днів на місяць).

Таким чином, найбільш сприятливий період для світлолюбних культур у регіоні припадає на травень – серпень, коли сукупність сонячних днів є максимальною, а рівень хмарності – мінімальним. Ці дані мають важливе значення при плануванні строків сівби, догляду за посівами та збирання врожаю в умовах кліматично ризикованого Південного Степу України.

Аналіз метеорологічних даних за період проведення досліджень у 2022–2024 рр. (рис. 2.6.) свідчить про суттєві відхилення погодних умов від середньобагаторічних кліматичних показників, характерних для зони Південного Степу України. Ці відхилення мали як позитивний, так і стресогенний вплив на ростові процеси, розвиток рослин льону олійного, формування врожайності та показників якості насіння.



	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень
2024	-2,3	2,8	6,3	14,65	16,35	22,35	28,15	24,5	19,85
2023	1	0,66	5,27	10,06	15,62	20,88	23,42	24,71	19,9
2022	-0,84	2,41	1,77	9,62	15,39	21,69	23,41	24,35	15,84

Рис. 2.6. Температура повітря впродовж 2022–2024 рр.

У першу чергу, варто відзначити аномальні температурні коливання впродовж усіх трьох років дослідження. Так, середньомісячні температури у весняно-літній період в окремі роки перевищували середньобагаторічну норму на +1,5…+3,0 °C, що призводило до пришвидшення фаз органогенезу. Наприклад, у квітні 2024 року середня температура склала +14,65 °C, що на понад 4 °C вище норми. Аналогічно, у липні 2024 року спостерігали підвищення середньодобових температур до +28,1 °C, що створювало ризик перегріву й прискореного дозрівання, особливо за поєднання з недостатнім зволоженням.

Другим важливим чинником є нерівномірне випадання опадів (рис. 2.7). Хоча загальна річна кількість опадів у 2022–2024 рр. була близькою до середніх значень (300–400 мм), їх розподіл за сезонами та декадами суттєво відрізнявся. Зокрема, навіть у найбільш сприятливому 2023 році частково проявлявся дефіцит опадів у червні (≈35 мм проти багаторічної норми в 45–55 мм), що збігалося з фазами бутонізації та цвітіння у льону – критичними для формування насіннєвої продуктивності, проте, у попередні місяці вегетації їх випала надмірна кількість, що не спричинило зниження врожайності.

За ілюстрацією рис. 2.8, прослідковуємо особливо аномальні умови у липні, коли опадів практично не було, що створювало критичні умови для вегетації льону олійного.

Відносна вологість повітря у літні місяці також проявляла тенденцію до зниження: у червні – липні 2022, 2024 рр. вона не перевищувала 40–45 % проти типової норми в 55–60 %. Це обумовлювало підвищене випаровування вологи з ґрунту та створювало додаткове навантаження на рослини в умовах водного дефіциту та стресу.

Ще одним проявом кліматичних змін є збільшення кількості екстремальних погодних явищ, зокрема короткочасних злив, температурних «хвиль» і суховії, які посилюють випаровування вологи з ґрунту та знижують водний баланс рослин. Такі умови ускладнюють прогнозованість розвитку

посівів і вимагають адаптивного підходу до добору сортів, режимів живлення та інших елементів технології.

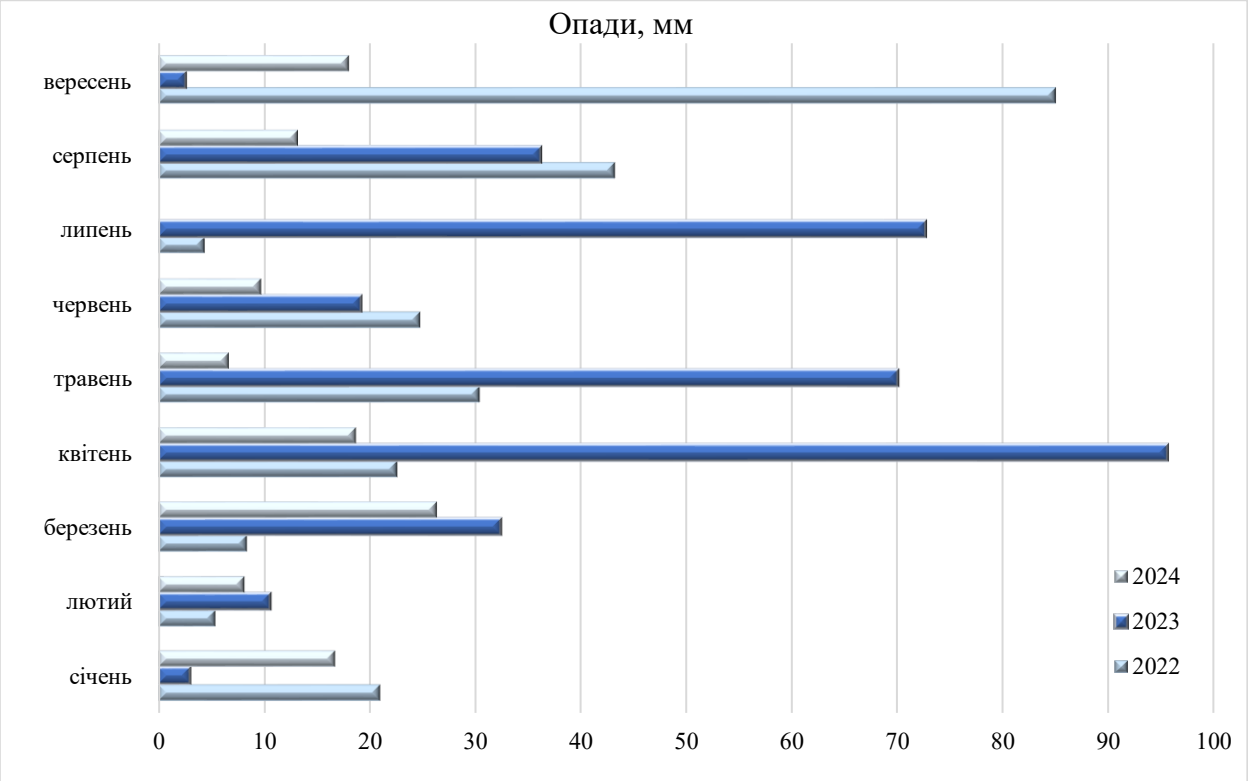


Рис. 2.7. Кількість опадів у роки досліджень, мм

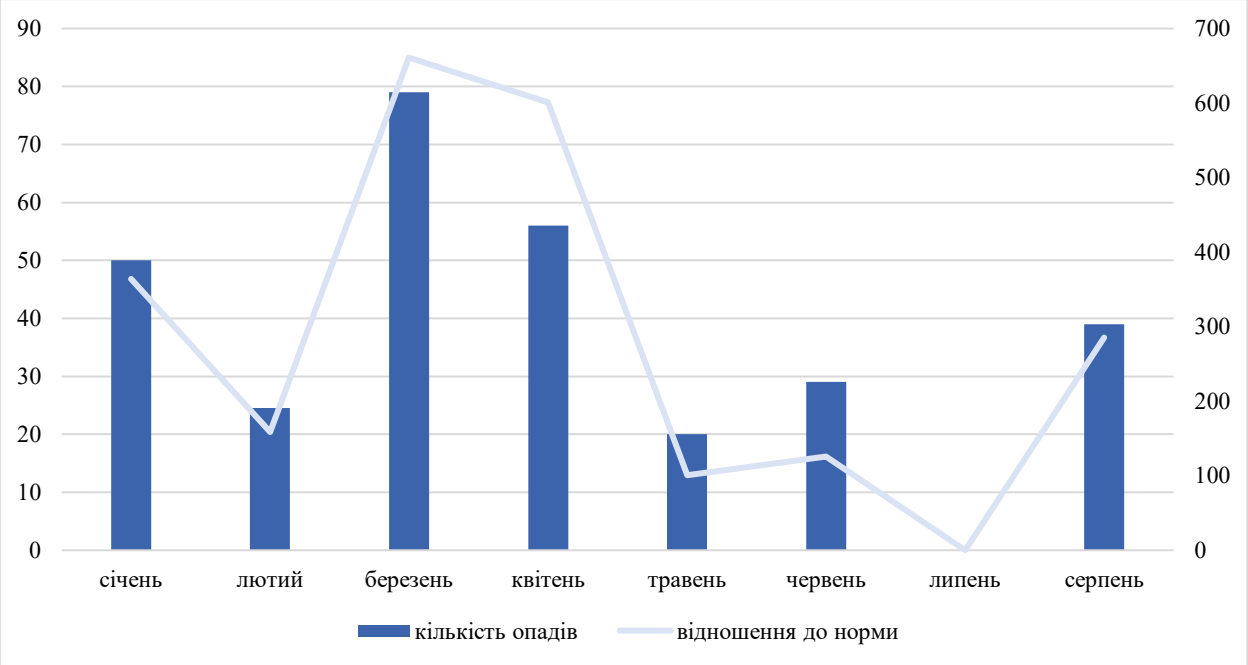


Рис. 2.8. Кількість опадів та їх відношення до норми у несприятливому 2024 році, мм

Таким чином, відмінності метеорологічних умов у 2022–2024 роках від багаторічної норми не лише підтверджують тенденцію до кліматичної нестабільності, а й обґрунтовують актуальність дослідження щодо адаптації елементів технології, які дозволяють зменшити ризики зниження врожайності льону олійного в умовах змін клімату. Зокрема, дослідження впливу передпосівної обробки насіння, позакореневого живлення та добору сортів вважаємо надзвичайно важливими в контексті ведення виробництва за проявів нових кліматичних змін та викликів.

2.3. Методика проведення досліджень

Експериментальні дослідження проводили на дослідному полі ДУ “Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції ІКОСГ НААН”. Сорти льону олійного Водограй, Добродар та Запорізький богатир вирощували після пшениці озимої. Ґрунтова відміна – чорнозем південний з вмістом гумусу в орному шарі ґрунту 3,2-3,3%, середньою забезпеченістю його рухомими формами азоту, фосфору і калію. Агротехніка вирощування льону олійного у дослідах була загальноприйнятою для зони Півдня України.

Льон олійний висівали у третій декаді березня – першій декаді квітня, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягала 6–8 °С. Сівбу проводили нормою 5,5–7,0 млн схожих насінин на гектар, з глибиною загортання насіння 2–3 см. Перед сівбою насіння льону олійного обробляли біологічним препаратом Азотофіт у нормі 1,0 л/т для покращення азотного живлення та стимуляції росту, а також протруювали фунгіцидом Максим XL 035 FS у нормі 1,0 л/т з метою захисту від комплексу насіннєвої та ґрунтової інфекцій. У фазу 4–6 листків проводили позакореневе підживлення рослин згідно схеми досліду Органік баланс 1,0 л/га. На початку бутонізації проводили позакореневе підживлення Органік балансом 1,0 л/га та борвмісним препаратом Боропті у нормі 150 г/га. У фазу початку наливу насіння в період активного транспорту

асимілянтів у генеративні органи проводили позакореневе підживлення Азотофітом 0,5 л/га.

Схема досліду включала 3 фактори: *Фактор А* – сорти льону олійного (Водограй, Добродар та Запорізький богатир). *Фактор В* - Обробка насіння перед сівбою (1. Обробка водою; 2. Обробка препаратом Азотофіт 1,0 л/т). *Фактор С* - Фон живлення (1.Контроль; 2. $N_{15}P_{15}K_{15}$; 3. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4-6 листків); 4. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації); 5. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння); 6. Без добрив + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4-6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння); 7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4-6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння). Спостереження за станом рослин, відбір зразків та облік урожаю в усіх дослідах із льоном олійним проводили згідно зональних методичних рекомендацій та ДСТУ.

Ділянки у досліді розміщували послідовно. Повторність досліду чотириразова. Загальна площа дослідної ділянки – 120 м^2, облікової – 72 м^2. У продовж досліджень відповідно до загальноприйнятих для зони методик і ДСТУ [43, 46, 50, 51, 140] в основні періоди вегетації проводили спостереження, обліки, визначення та розрахунки.

Настання фенологічних фаз росту й розвитку рослин визначали за візуальним (органолептичним) методом, зокрема фази сходів, ялинки (4-6 листків), бутонізації, цвітіння, зеленої і повної стиглості насіння. За початок фази приймали дату, коли в ній перебувало 10% рослин, а за повну фазу – 75% рослин.

Листкову поверхню рослин визначали лінійним метод (за довжиною та шириною листків). Визначали кількість листків на рослині для чого листки відбирали із середнього ярусу 10 типових рослин за дворазової повторності. Площу листкової поверхні розраховували з однієї рослини в см^2 та

перераховували в тис. м^2/га. Для визначення площі одного листка використовували формулу:

$S = k \cdot l \cdot n$,

де S – площа одного листка, см^2;

k – середній поправочний коефіцієнт (для рослин льону олійного – 0,67);

l – довжина листка, см;

n – ширина листка у найбільш широкому місці, см.

Фотосинтетичний потенціал розраховували за формулою (2.2):

ФП – фотосинтетичний потенціал, м^2/га за добу;

Л1, Л2, Л3 ... Лn – площа листків на 1 га посіву у відповідні строки визначення, м2/га;

n1, n2 ... nn – кількість діб між двома відповідними визначеннями.

Чисту продуктивність фотосинтезу розраховували за формулою (2.3):

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/см2 за добу;

В1, В2 – маса сухої речовини з 1 м2 на початку та в кінці облікового проміжку часу, г;

Л1, Л2 – площа листкової поверхні з 1 м^2 на початку та кінці облікового проміжку часу, м^2;

Т – кількість діб між першим та другим визначенням.

Для визначення кількості абсолютно сухої надземної біомаси рослин застосовували ваговий метод – із кожної ділянки відбирали по 10 типових рослин, які висушували до постійної маси, після чого проводили зважування.

Оцінку сумарного водоспоживання посівів здійснювали за методом водного балансу із використанням відповідної формули:

$\sum E = M + O + (Wn – Wy)$, де

$\sum E$ – сумарне водоспоживання, мм;

М – зрошувальна норма, мм;

О – корисні опади, мм;

Wn – запас вологи у 0–100 см шарі ґрунту на період сівби, мм;

Wy – запас вологи у 0–100 см шарі ґрунту на період повної стиглості насіння, мм.

Для визначення ефективності використання вологи визначали коефіцієнт водоспоживання, який розраховували за формулою:

Кв = ∑Е / У, де

Кв – коефіцієнт водоспоживання, $м^3$/т;

∑Е – сумарне водоспоживання, $м^3$/га;

У – урожайність насіння льону олійного, т/га.

Перед збиранням урожаю проводили відбір снопових зразків, для чого з кожного варіанту досліду у двох несуміжних повтореннях відбирали по 25 типових рослин. Для подальшого аналізу використовували біометричний метод, за яким оцінювали надземну біомасу рослин, визначали кількість коробочок на рослині та кількість насінин у кожній коробочці.

Масу 1000 насінин визначали згідно Державного стандарту України ДСТУ 4138–2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [57], вологість насіння – за ДСТУ 4811:2007 «Насіння олійних культур. Методи визначення вологості» [58].

Урожайність насіння визначали з кожного варіанту досліду з усіх повторень з наступним її перерахунком на 100% чистоту та стандартну вологість насіння.

Вміст сирого жиру в насінні визначали за знежиреним залишком шляхом екстракції в апараті Сокслета [106].

Статистичну обробку отриманих даних урожайності виконували за допомогою програмного пакету Microsoft Office Excel та програмно-інформаційного комплексу Agrostat. Тісноту зв’язку між досліджуваними показниками визначали за допомогою коефіцієнта кореляції, значимість якого оцінювали відповідно шкали Чеддока [43], за якої залежність вважають слабкою – до 0,3; помірною – у межах 0,3–0,5; значною – 0,5–0,69; сильною – 0,7–0,89; дуже сильною – 0,9–0,99 та функціональною – 1,0.

На основі складених відповідно схеми досліду технологічних карт вирощування льону олійного визначали економічну ефективність. За основу розрахунків приймали ринкові ціни, що склалися у третьому кварталі 2024 р. Користувалися зокрема методичними положеннями Пивовара В. С. та ін. [101, 102].

Енергетичну оцінку елементів технології вирощування льону олійного визначали за методикою Медведовського О. К., Іваненка П. І. [99]. При цьому використовували науково-практичний довідник Черенкова А. В. та ін. [107].

2.4. Характеристика сортів та біопрепаратів, які взяті на дослідження

У процесі дослідження впливу агротехнічних заходів на продуктивність льону олійного було обрано три сорти – Запорізький богатир, Добродар та Водограй. Вибір саме цих сортів зумовлений їхньою високою адаптованістю до умов вирощування в Південному Степу України, відмінними біологічними та господарсько-цінними ознаками, а також перспективністю у системах як традиційного, так і органічного землеробства.

Усі три сорти (рис. 2.6) є результатом селекційної роботи Інституту олійних культур НААН України, що підтверджує високу їх адаптованість до умов регіону та відповідність сучасним вимогам виробництва. Сорт Запорізький богатир характеризується підвищеною стійкістю до посухи та вилягання (по 9 балів), високою масою 1000 насінин (9,8 г), значною олійністю (понад 49 %) та вмістом омега-3 жирних кислот. Сорт Добродар найновіший, зареєстрований у 2022 році, характеризується здатністю формувати сталу врожайність насіння (до 2,5 т/га), високою стійкістю до хвороб, не вилягає, і рекомендований для умов Степу та Лісостепу. Водночас сорт Водограй (один із найстаріших) вирізняється найвищим вмістом ліноленової кислоти (понад 70 %), високим потенціалом в умовах органічного виробництва та універсальністю щодо зон вирощування.

Добір сортів з різними характеристиками дозволяє дослідити ефективність, удосконалити елементи технології та надати обґрунтовані рекомендації виробництву. Урахування можливої реакції сортів на мінеральне живлення, біопрепарати та особливості змін клімату дозволяє визначити найефективніші поєднання факторів для підвищення врожайності та покращення якості насіння льону олійного.

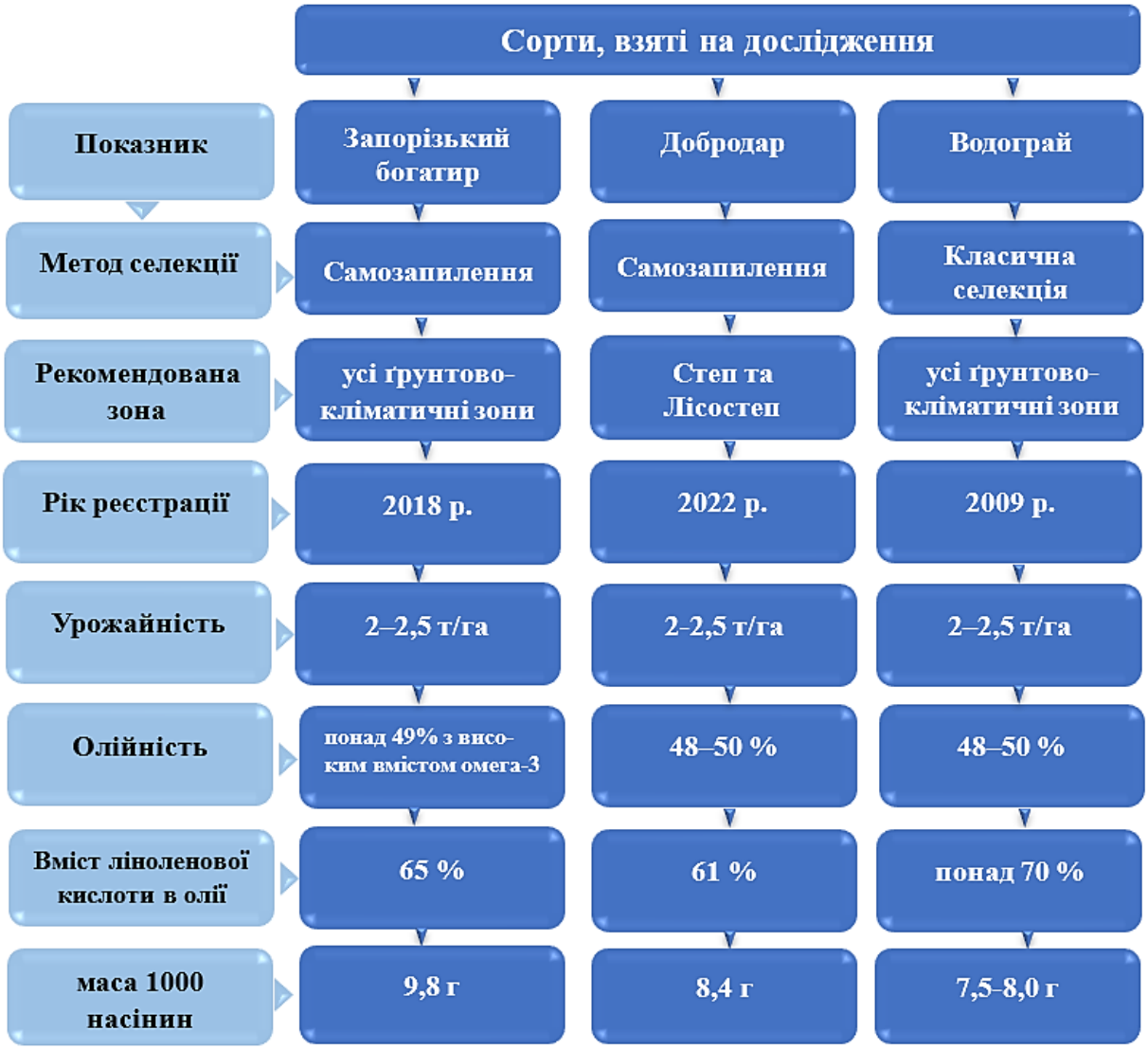


Рис. 2.6. Характеристика сортів, взятих на дослідження

Органік баланс являє собою багатокомпонентний рідкий біостимулятор на основі гумінових і фульвокислот, амінокислот, макро- та мікроелементів у хелатній формі. Його використовують для позакореневого підживлення рослин

з метою активації метаболічних процесів, підвищення стійкості рослин до стресів і поліпшення умов засвоєння елементів живлення.

Типовий склад препарату (залежно від партії та виробника) включає гумінові речовини у концентрації 20–40 г/л, фульвокислоти – 10–20 г/л, амінокислоти – до 15 г/л, а також макроелементи NPK у легкодоступній для рослин формі. Крім того, препарат містить комплекс мікроелементів (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo), представлених у хелатній формі EDTA або HEEDTA, що забезпечує їх ефективне засвоєння в умовах ґрунтового і листкового живлення.

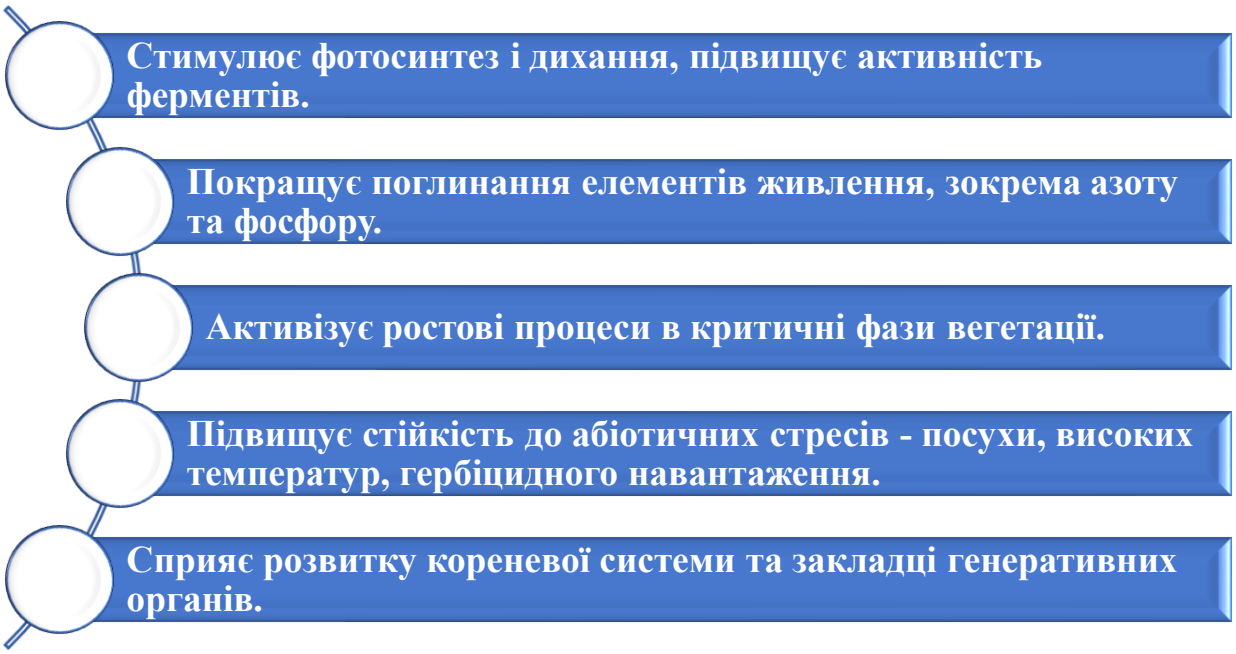


Рис. 2.7. Механізм дії та агрономічне значення Органік балансу

Рекомендовані норми застосування для льону олійного: 1,0 л/т насіння – для передпосівної обробки (інокуляції); 1,0–1,5 л/га – для позакореневого підживлення у фазу 4–6 листків.

Органік баланс є ефективним елементом біологізованої системи підживлення льону олійного (рис. 2.7). Його застосування у фазу активного росту (4–6 листків) забезпечує стимуляцію обміну речовин, зростання продуктивності культури та підвищення стійкості до стресових факторів, що особливо важливо для умов Південного Степу України.

Боропті – це концентроване рідке добриво, що містить бор у легкодоступній для рослин формі (боретаноламін або боретаноламін хелат). Препарат рекомендовано для позакореневого підживлення культур, чутливих до дефіциту бору, зокрема льону олійного, ріпаку, соняшнику, буряків, кукурудзи, бобових.

Типовий склад препарату включає бор (B) у концентрації 150 г/л (15%), має слабкокислу або нейтральну реакцію середовища та містить поверхнево-активні речовини, що покращують прилипання робочого розчину до поверхні листків.

У рослин льону олійного дефіцит бору призводить до опадання бутонів; деформації зав'язей; зниження вмісту олії та маси 1000 насінин та загального зниження врожайності. Агрономічне значення Боропті наведено на рис. 2.8.

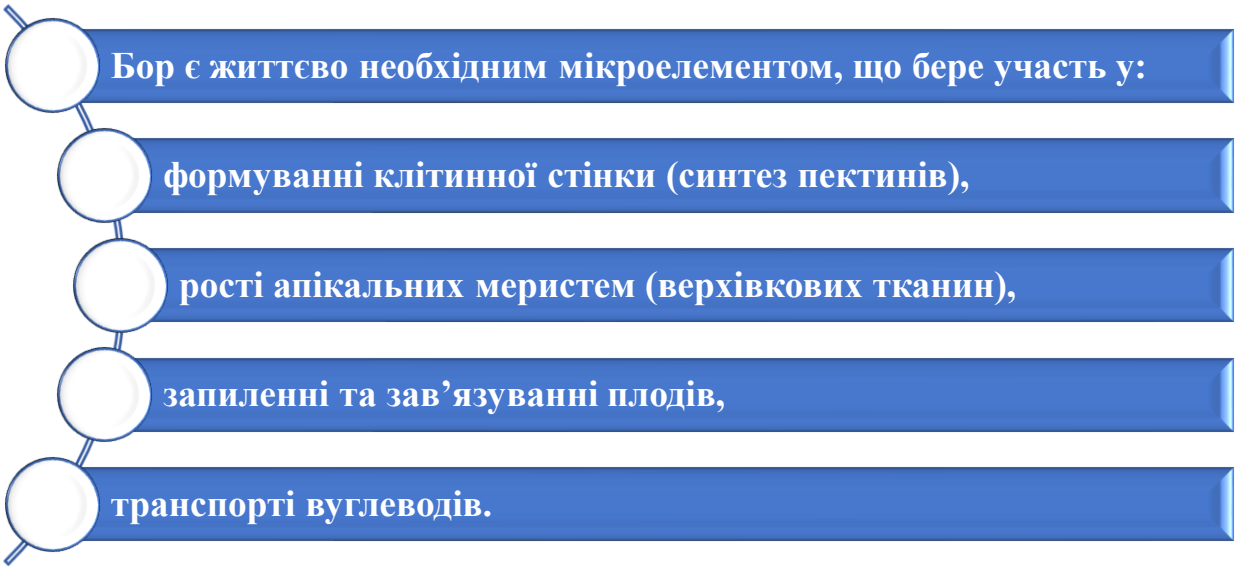


Рис. 2.8. Агрономічне значення Боропті

Норма та спосіб застосування: 150 г/га – рекомендована доза для позакореневого підживлення у фазу початку бутонізації (ВВСН 51–55). Обприскування проводять у ранкові або вечірні години за відсутності опадів і сильного вітру. Можливе сумісне застосування з іншими мікродобривами та біопрепаратами (за сумісністю).

Препарат Боропті є високоефективним джерелом бору для позакореневого підживлення льону олійного. Його застосування у фазу початку бутонізації забезпечує краще формування генеративних органів, зменшує втрати врожаю та сприяє підвищенню економічної ефективності вирощування культури в умовах Південного Степу України.

Азотофіт являє собою біологічний препарат на основі активних азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter chroococcum* або *Azospirillum spp.* Препарат призначений для обробки насіння, а також позакореневого застосування. Він містить живі мікроорганізми, що здатні фіксувати атмосферний азот і виділяти біологічно активні речовини, зокрема ауксини, амінокислоти, вітаміни та ферменти, які стимулюють розвиток кореневої системи та підвищують енергію проростання.

У фазу початку наливу насіння, коли відбувається інтенсивний транспорт асимілянтів у генеративні органи і різко зростає потреба в азоті для синтезу білкових сполук, застосування Азотофіту забезпечує додаткове азотне живлення, сприяючи повноцінному формуванню насіння (рис. 2.9).

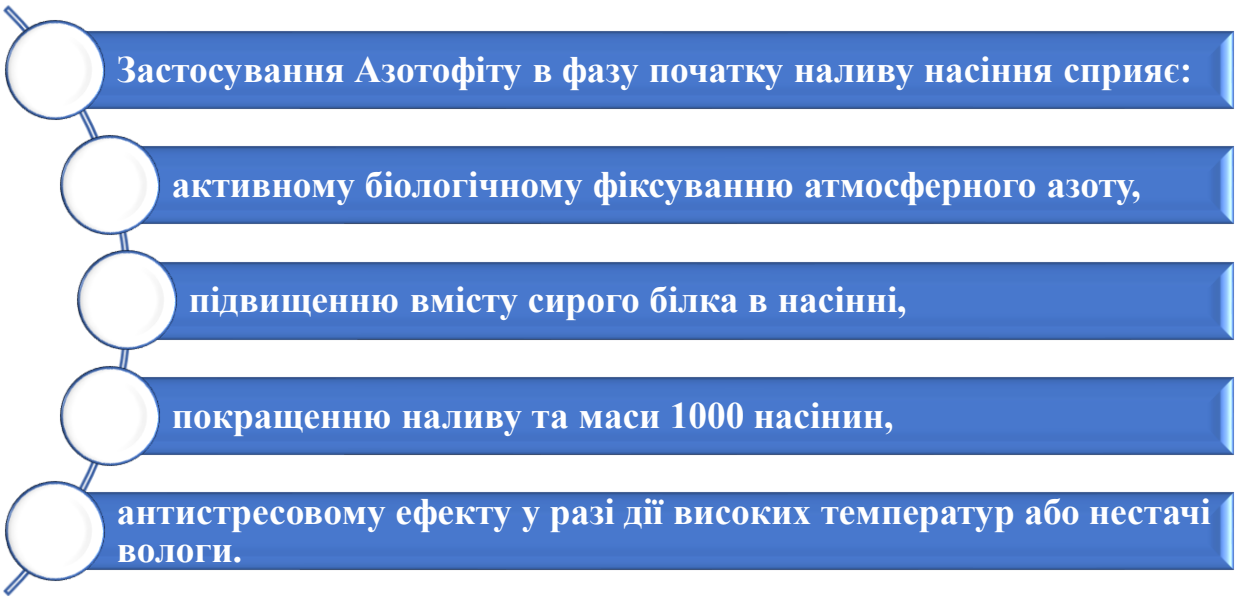


Рис. 2.9. Значення Азотофіту для рослин

Норма застосування: 1,0 л/т насіння – стандартна доза для передпосівної обробки льону; 0,5 л/га позакоренево – у фазу початку наливу насіння (за сприятливих погодних умов: ранок або вечір, без опадів).

Позакореневе підживлення Азотофітом у фазу початку наливу насіння льону олійного є ефективним заходом для посилення азотного живлення, підвищення продуктивності та покращення показників якості насіння, особливо за умов підвищених температур і недостатнього вологозабезпечення.

Висновки до розділу 2:

1. Польовий дослід із визначення впливу передпосівної обробки насіння та ресурсоощадного живлення на врожайність і якість насіння льону олійного проводили упродовж 2022–2024 років на базі дослідного поля Державної установи “Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України”. Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом південним малогумусним, що формуються на лесових суглинках.

2. Кліматичні умови Південного Степу України, зокрема Миколаївської області (ДУ“Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН”), повністю відповідають біологічним вимогам льону олійного та мають сприятливі передумови для формування сталої врожайності насіння цієї культури навіть без зрошення. Водночас, головним обмежуючим чинником у цій підзоні Степу залишається недостатня кількість вологи. У різні роки досліджень умови вегетаційного періоду відрізнялися за рівнями забезпеченості теплом і вологою, що впливало на врожайність та якість насіння льону олійного.

3. Упродовж проведення досліджень робили систематичні обліки й спостереження за настанням основних фаз розвитку рослин, інтенсивністю фотосинтезу, водоспоживанням, показниками структури врожаю, а також

визначали врожайність і якість насіння, економічну та енергетичну ефективність різних елементів технології вирощування льону олійного. Усі дослідження здійснювали відповідно до прийнятих методик польових дослідів, наукових рекомендацій і Державних стандартів України. Елементи технології вирощування льону олійного у досліді були відповідними для незрошуваних земель Південного Степу України. Виняток складають елементи технології, які було прийнято на дослідження.

РОЗДІЛ 3
СУМАРНЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ, ЙОГО БАЛАНС ТА КОЕФІЦІЄНТ ВОДОСПОЖИВАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ФАКТОРІВ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Вологозабезпечення - один із найважливіших факторів, який обмежує продуктивність льону олійного (*Linum usitatissimum* L.), особливо в умовах Південного Степу України, де проявляються незначна кількість опадів, високі температури і надмірне випаровування. Продуктивність цієї культури значною мірою визначається кількістю ґрунтової вологи, яка забезпечує сприятливі умови для проростання насіння, формування кореневої системи, оптимальні транспіраційні процеси, терморегуляцію та ефективне засвоєння поживних речовин рослинами [108, 123, 142].

Забезпечення льону олійного вологою залежить не лише від кількості опадів упродовж вегетації, а й від ефективності їх поглинання, утримання ґрунтом та раціонального використання рослинами.

Оптимізація фону живлення не лише посилює ростові процеси, збільшує водоспоживання посівів та забезпечує прирости врожаю, а й сприяє більш ефективному використанню вологи рослинами на формування його одиниці [19, 20].

Внесення мінеральних добрив, зокрема азотних, фосфорних і калійних, сприяє активізації ростових процесів, розвитку кореневої системи та покращенню фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного. За даними Ф. Ф. Адаменя і Л. Е Арсланової [2], оптимальне живлення мінеральними добривами забезпечує не лише приріст урожайності, а й більш повне використання ґрунтової вологи впродовж вегетації. Іншими дослідниками також встановлено [114], що застосування різних форм азотних добрив позитивно впливає на водний режим, підвищуючи коефіцієнт водоспоживання льону, особливо в критичні фази розвитку культури.

Як зазначає І. О. Біднина [4], на темно-каштанових ґрунтах Півдня України оптимальні дози мінеральних добрив підвищують ефективність поглинання і засвоєння вологи рослинами льону, зменшуючи її втрати шляхом випаровування та стікання. Таку думку підтверджують також дослідження Р. А. Вожегової та колег [16], які зазначають, що в умовах дефіциту опадів застосування азотно-фосфорно-калійних добрив сприяє більш економному та раціональному використанню наявної вологи, що позитивно впливає на формування врожаю насіння.

Дослідники також повідомляють про необхідність збалансованого внесення мінеральних добрив. Порушення співвідношення між елементами живлення може призводити до зниження водоутримуючої здатності рослин і нераціонального використання водних ресурсів [24, 160]. Їх дослідженнями встановлено, що найбільш ефективною є комплексна система удобрення, яка сприяє оптимізації водного режиму посівів льону олійного.

Позакореневі підживлення препаратами на основі мікроелементів (бор, цинк, марганець), регуляторів росту, біологічних стимуляторів активізують фізіолого-біохімічні процеси в рослині, посилюють розвиток кореневої системи, що, в свою чергу, забезпечує кращий доступ до ґрунтової вологи. Т. А. Сябрук та ін. [134] провівши дослідження, зазначають, що внесення біопрепаратів підвищує фотосинтетичну активність, прискорює формування листкового апарату, а це сприяє більш раціональному використанню рослинами вологи з орного шару ґрунту.

Застосування позакореневих підживлень у критичні фази росту льону (бутонізація, налив насіння) покращує водний баланс у тканинах, що особливо важливо в умовах високих температур та зниженого атмосферного зволоження [22].

Визначення потреби льону олійного у волозі та встановлення найбільш чутливих до нестачі води періодів вегетації дозволяє сільгоспвиробникам створювати максимально сприятливі умови для росту і розвитку цієї культури. Рівень водоспоживання посівів значною мірою впливає на формування

врожаю, а тому дослідження впливу різних агротехнічних заходів – зокрема передпосівної обробки насіння біопрепаратами та оптимізації живлення з орієнтацією на ресурсозбереження – має важливе практичне значення.

За результатами проведених нами досліджень встановлено, що сумарне водоспоживання льону олійного суттєво змінювалось залежно від погодних умов року вирощування (табл. 3.1). Максимальним сумарне водоспоживання визначено у 2023 році – 3414 м³/га, що обумовлювалось сприятливим вологозабезпеченням та достатньою кількістю опадів упродовж вегетаційного періоду – 2574 м³/га, або 75,4% балансу водоспоживання (рис. 3.1). Мінімальним сумарне водоспоживання було у посушливому 2024 році – лише 1320 м³/га, з яких на опади припадало 503 м³/га (38,1 % балансу), а решту забезпечували запаси ґрунтової вологи (817 м³/га, або 61,9 %) [67].

Таблиця 3.1

Сумарне водоспоживання та його баланс за вирощування льону олійного [67]

Рік вирощування	Сумарне водоспоживання, $м^3$/га	Частка у балансі, $м^3$/га	
		опадів	ґрунтової вологи
2022	1614	862	752
2023	3414	2574	840
2024	1320	503	817
2022–2024 рр.	2116	1313	803

У 2022 році сумарне водоспоживання склало 1614 м³/га, з яких на опади припадало 862 м³/га (53,4%), а на використання ґрунтової вологи – 752 м³/га (46,6%). У середньому за три роки вирощування (2022–2024 рр.) на формування врожаю льону олійного витрачалося 2116 м³/га води, з яких 62,1% забезпечували опади, а 37,9% – ґрунтова волога.

Таблиця 3.2

Коефіцієнт водоспоживання льону олійного залежно від досліджуваних факторів за роками вирощування, м^3/т [67]

Варіант живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)					
	Обробка водою			Обробка Азотофітом		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Сорт Водограй (фактор А)						
1.Контроль	2273,2	3161,1	1970,1	1921,4	2547,8	1609,8
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	1855,2	2688,2	1590,4	1551,9	2231,4	1320,0
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	1735,5	2586,4	1450,5	1441,1	2160,8	1211,0
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	1454,1	2322,4	1222,2	1241,5	1928,8	1015,4
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	1551,9	2456,1	1306,9	1291,2	2044,3	1082,0
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1754,3	2731,2	1590,4	1480,7	2260,9	1306,9
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1367,8	2246,1	1157,9	1144,7	2020,1	963,5
Сорт Добродар (фактор А)						
1.Контроль	2152,0	3048,2	1808,2	1834,1	2473,9	1534,9
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	1754,3	2586,4	1517,2	1480,7	2160,8	1257,1
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	1646,9	2510,3	1375,0	1391,4	2094,5	1157,9
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	1379,5	2276,0	1168,1	1195,6	1855,4	970,6
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	1480,7	2387,4	1233,6	1232,1	1984,9	1031,3
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1630,3	2646,5	1483,1	1403,5	2188,5	1222,2
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1301,6	2174,5	1109,2	1098,0	1950,9	904,1
Сорт Запорізький богатир (фактор А)						
1.Контроль	2181,1	2994,7	1885,7	1813,5	2438,6	1552,9
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	1754,3	2586,4	1534,9	1467,3	2174,5	1281,6
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	1663,9	2473,9	1389,5	1391,4	2081,7	1147,8
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	1403,5	2260,9	1168,1	1186,8	1875,8	977,8
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	1467,3	2387,4	1257,1	1241,5	1996,5	1039,4
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1646,9	2626,2	1517,2	1391,4	2202,6	1233,6
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1312,2	2188,5	1118,6	1105,5	1962,1	923,1

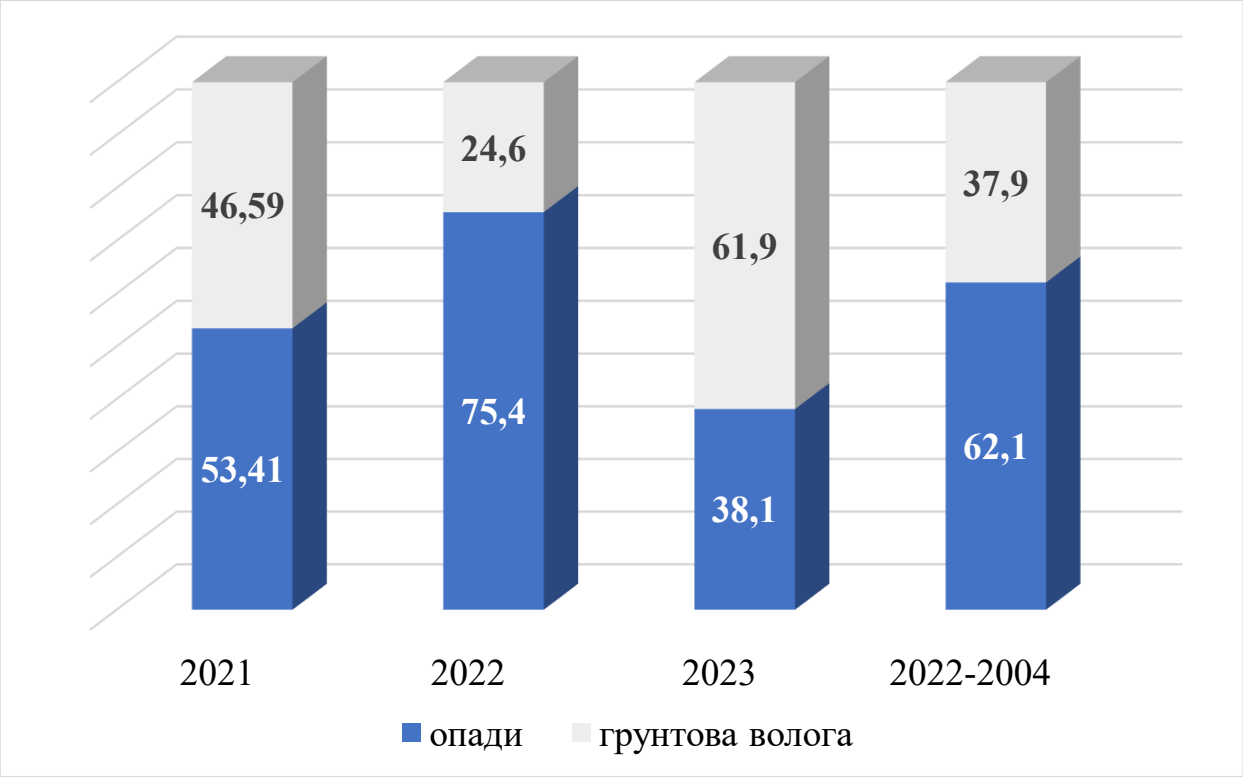


Рис. 3.1. Складові елементи балансу водоспоживання, % [67]

Нами визначено пряму та тісну кореляційну залежність між сумарним водоспоживанням та рівнями врожайності насіння, сформованого досліджуваними сортами льону олійного (рис. 3.2). Коефіцієнт кореляції становив 0,9949–0,9997, що характеризує дуже сильний зв'язок.

Так, найменшим коефіцієнт водоспоживання визначено у 2024 році для всіх сортів льону олійного. У сорту Добродар у варіанті внесення комплексного добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$, передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт та проведення позакореневого підживлення Органік балансом у фазу 4–6 листків та Органік баланс + Боропті на початку бутонізації + Азотофіт на початку наливу насіння коефіцієнт водоспоживання склав 904,1 $м^3$/т, у сорту Запорізький богатир – 923,1, а Водограй – 963,5 $м^3$/т, що в 1,4 рази менше порівняно з контролем. Це засвідчує важливе значення оптимізації живлення рослин у ефективному та ощадливому використанні вологи на формування одиниці врожаю за одночасного зменшення непродуктивних її втрат на випаровування.

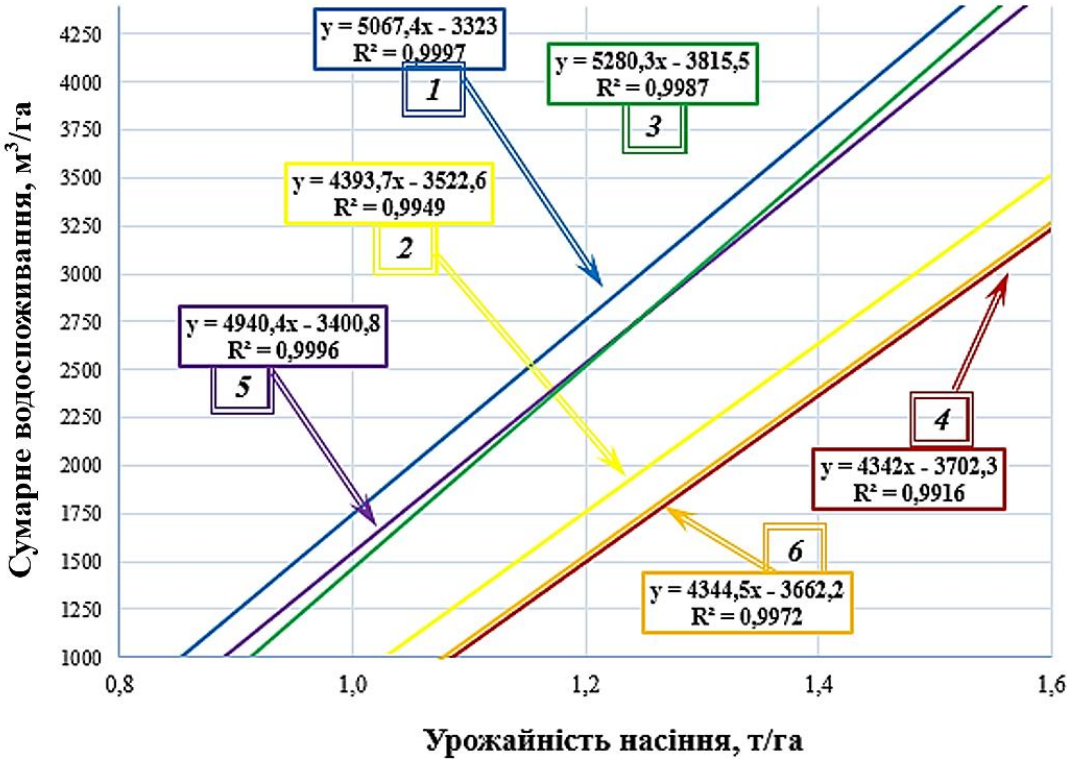


Рис. 3.2. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю насіння та сумарним водоспоживанням льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.) [67]

1. Сорт Водограй, обробка насіння водою
2. Сорт Водограй, обробка насіння Азотофітом
3. Сорт Добродар, обробка насіння водою
4. Сорт Добродар, обробка насіння Азотофітом
5. Сорт Запорізький богатир, обробка насіння водою
6. Сорт Запорізький богатир, обробка насіння Азотофітом

Внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення позакореневого підживлення Органік балансом сумісно з Боропті на початку бутонізації також забезпечує суттєве зниження коефіцієнта водоспоживання в усі роки досліджень. Показники цього варіанту значно нижчі від контролю, що також свідчить про більш сприятливе та ощадливе використання вологи. Так, у 2024 році коефіцієнт водоспоживання склав у сорту Водограй 1015,4 м³/т за обробки насіння Азотофітом, сорту Добродар – 970,6, а Запорізький богатир – 977,8, що в 1,2 рази менше, ніж у контролі.

Незважаючи на суттєві коливання коефіцієнта водоспоживання в різні роки вирощування льону олійного, встановлено дуже сильний кореляційний

зв'язок між цим показником і врожайністю насіння, про що свідчить коефіцієнт кореляції R =0,9995–0,9999 (рис. 3.3–3.5).

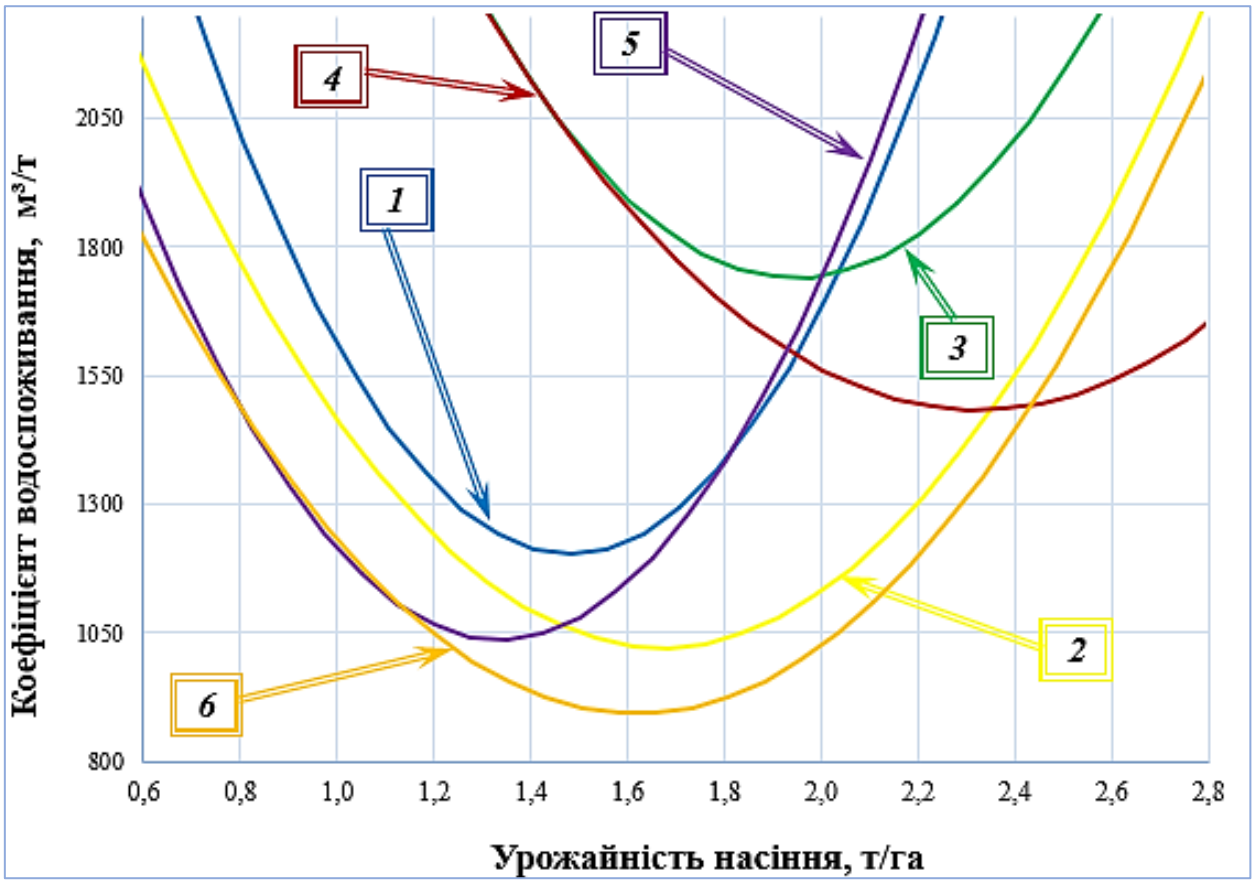


Рис. 3.3. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю насіння та коефіцієнтом водоспоживання льону олійного сорту Водограй

1. обробка насіння водою (2022 р.): $y = 2079{,}3x^2 - 5837{,}4x + 5366{,}6$; $R^2 = 0{,}9997$
2. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2022 р.): $y = 1229{,}2x^2 - 4114{,}2x + 4507{,}3$; $R^2 = 0{,}9996$
3. обробка насіння водою (2023 р.): $y = 1611{,}5x^2 - 6261{,}3x + 8042{,}6$; $R^2 = 0{,}9999$
4. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2023 р.):$y = 929{,}34x^2 - 4325{,}5x + 6674{,}7$; $R^2 = 0{,}9998$
5. обробка насіння водою (2024 р.): $y = 1963{,}1x^2 - 5260{,}1x + 4609{,}5$; $R^2 = 0{,}9996$
6. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2024 р.): $y = 1106{,}5x^2 - 3584{,}6x + 3802{,}4$; $R^2 = 0{,}9996$

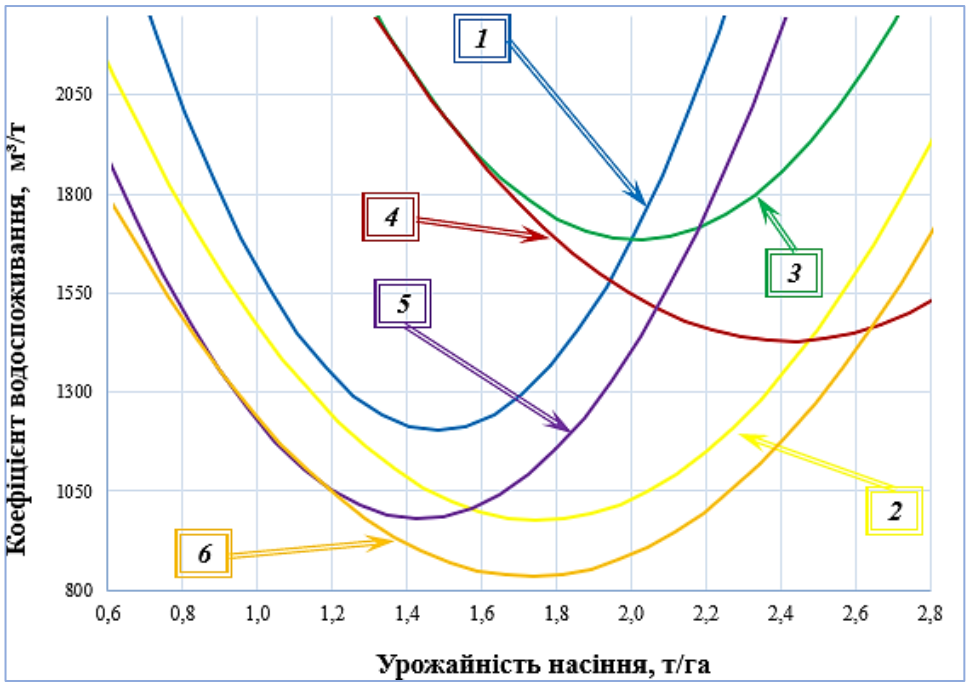


Рис. 3.4. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю насіння та коефіцієнтом водоспоживання льону олійного сорту Добродар

1. обробка насіння водою (2022 р.): $y = 1768,5x^2 - 5239,3x + 5084,1$; $R^2 = 0,9997$
2. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2022 р.): $y = 1076,8x^2 - 3765,5x + 4311,4$; $R^2 = 0,9996$
3. обробка насіння водою (2023 р.): $y = 1451,1x^2 - 5837,2x + 7764,5$; $R^2 = 0,9999$
4. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2023 р.):$y = 836,99x^2 - 4035,4x + 6448,2$; $R^2 = 0,9998$
5. обробка насіння водою (2024 р.): $y = 1628,2x^2 - 4628,7x + 4316,5$; $R^2 = 0,9997$
6. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2024 р.): $y = 931,88x^2 - 3200x + 3594,7$; $R^2 = 0,9995$

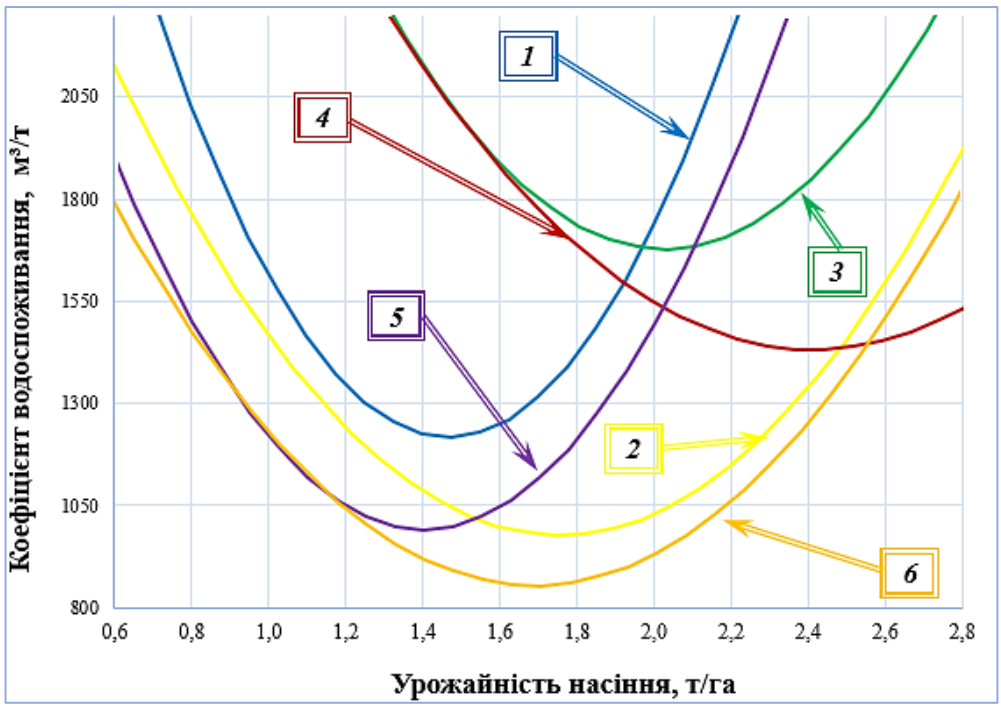


Рис. 3.5. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю насіння та коефіцієнтом водоспоживання льону олійного сорту Запорізький богатир

1. обробка насіння водою (2022 р.): $y = 1826{,}8x^2 - 5355{,}4x + 5141{,}3$; $R^2 = 0{,}9997$
2. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2022 р.): $y = 1071{,}1x^2 - 3748{,}1x + 4299$; $R^2 = 0{,}9997$
3. обробка насіння водою (2023 р.): $y = 1428{,}3x^2 - 5769{,}6x + 7714{,}9$; $R^2 = 0{,}9999$
4. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2023 р.):$y = 835{,}85x^2 - 4027{,}3x + 6438$; $R^2 = 0{,}9999$
5. обробка насіння водою (2024 р.): $y = 1745{,}5x^2 - 4861{,}7x + 4430{,}4$; $R^2 = 0{,}9996$
6. обробка насіння біопрепаратом Азотофіт (2024 р.): $y = 975{,}11x^2 - 3296{,}1x + 3647{,}3$; $R^2 = 0{,}9996$

Загалом, отримані нами результати досліджень свідчать про суттєве зниження коефіцієнта водоспоживання льону олійного за впровадження комплексної ресурсоощадної системи живлення з використанням сучасних препаратів для передпосівної обробки насіння та підживлень. Це підтверджує високу ефективність біологізованих і ресурсозберігаючих технологій у підвищенні ефективного використання вологи рослинами льону олійного та адаптації культури до посушливих умов. Також зазначене пересвідчує у тому, що льон є посухостійкою культурою, яка здатна за належної технології вирощування формувати сталу продуктивність навіть за обмеженої кількості вологи.

Висновки за розділом 3:

За результатами проведених досліджень встановлено, що сумарне водоспоживання льону олійного істотно змінюється залежно від погодних умов року вирощування. Найбільшим воно визначено у 2023 році – 3414 м³/га завдяки сприятливому режиму зволоження внаслідок підвищеної кількості опадів. Натомість, у найбільш посушливому 2024 році цей показник був мінімальним – лише 1320 м³/га, з яких основну частку забезпечували запаси ґрунтової вологи.

Найнижчі значення коефіцієнта водоспоживання визначено у варіантах із застосуванням комплексного мінерального живлення, сучасних препаратів для позакореневих підживлень, особливо за передпосівної обробки насіння Азотофітом. За таких умов ефективність використання вологи підвищується, а її витрати на формування одиниці врожаю знижуються у 1,2–1,4 рази порівняно з контролем.

Публікації за розділом 3:

1. Зелінський Ю. А. Вплив факторів вирощування на водоспоживання сортів льону олійного в умовах Південного Степу України. Аграрні інновації No 30. 2025. С. 270-276. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.37.

РОЗДІЛ 4
ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ІНШИХ ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ

4.1. Наростання площі листкової поверхні та сухої біомаси рослинами льону олійного упродовж вегетації

Площа листкової поверхні (*Leaf Area Index, LAI*) є одним із основних морфологічних показників продуктивності посіву льону олійного (*Linum usitatissimum* L.), оскільки безпосередньо впливає та визначає фотосинтетичний потенціал посіву, ефективність використання світлової енергії та наростання загальної кількості біомаси, що впливає на продуктивність [168, 169, 215].

За даними багатьох досліджень встановлено, що наростання площі листкової поверхні у льону олійного впродовж вегетації відбувається нерівномірно. На ранніх етапах розвитку – від появи сходів до фази ялинки (формування 4–6 листків) площа листкової поверхні залишається незначною, що пов'язано з невеликою кількістю та розмірами листків на рослині. Найбільш інтенсивно наростання листкової поверхні відбувається у фази бутонізації та цвітіння, коли найбільш активно формується листковий апарат та наростання вегетативної біомаси. Максимальні значення площі асиміляційного апарату дослідники відмічають саме у фазі цвітіння, після чого, внаслідок старіння нижніх листків і природного відмирання частини листкової поверхні, цей показник поступово зменшується [5, 44, 85, 86].

Наростання асиміляційної поверхні рослин істотно залежить від рівня мінерального живлення, умов зволоження, сорту та використання біостимуляторів. Підвищення забезпеченості макро- та мікроелементами (насамперед, азотом) сприяє збільшенню площі листків і подовженню періоду їх активної роботи. Використання сучасних біопрепаратів та мікроелементних

добрив також позитивно впливає на формування листкового апарату, підвищуючи інтенсивність фотосинтезу й загальний біопродуктивний потенціал рослин [7, 13, 25, 42, 47, 82, 157].

Різні сорти льону олійного мають відмінну здатність до формування площі листкової поверхні, що пов’язано з особливостями їх морфогенезу та тривалістю вегетаційного періоду. Сорти, які здатні створювати потужний листковий апарат та накопичувати біомасу, зазвичай формують значно вищі рівні врожаю насіння [47, 85].

Кліматичні умови, зокрема рівень зволоження і температурний режим, значною мірою впливають на швидкість наростання листкової поверхні та біомаси. За дефіциту вологи і високих температур ріст листків сповільнюється, їхня площа зменшується, а тривалість вегетації скорочується. Навпаки, оптимальне співвідношення температури й вологості забезпечує більш повну реалізацію генетичного потенціалу культури.

Враховуючи важливість площі листкової поверхні рослин льону олійного, ми визначили цей показник для досліджуваних сортів за впливу прийнятих на вивчення факторів (табл. 4.1).

У результаті проведених досліджень було встановлено, що площа листкової поверхні льону олійного суттєво варіювала залежно від поєднання сортових особливостей, систем живлення та способів передпосівної обробки насіння. Динаміку формування листкової поверхні визначали упродовж основних фаз вегетації: ялинка (4–6 листків), бутонізація, цвітіння та зелена стиглість насіння.

При визначенні площі листкової поверхні на ранній фазі ялинки (4–6 листків) вона сформувалася відносно невеликою по всіх досліджуваних сортах і варіантах та коливалася у межах 0,39–0,48 тис. м²/га. Проте вже на цьому етапі спостерігали певну тенденцію до збільшення цього показника за умов оптимізації живлення та передпосівної обробки насіння.

Таблиця 4.1

Площа листкової поверхні льону олійного за дії досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), тис. м²/га

Варіант живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)							
	Обробка водою				Обробка Азотофітом			
	Ялинка	Бутонізація	Цвітіння	зелена стиглість	Ялинка	Бутонізація	Цвітіння	зелена стиглість
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сорт Водограй (фактор А)								
1.Контроль	0,39	16,6	20,3	17,7	0,40	17,3	21,0	18,2
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,42	17,8	22,0	18,8	0,43	18,5	22,7	19,3
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,43	17,9	23,1	20,8	0,44	18,9	24,0	20,7
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,44	20,4	24,8	21,8	0,45	19,0	25,3	22,2
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,44	18,1	24,2	21,4	0,45	19,6	24,6	21,9
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,44	17,4	22,4	19,7	0,44	19,0	22,9	20,2
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,45	20,6	24,8	22,2	0,46	21,1	25,4	22,8
Сорт Добродар (фактор А)								
1.Контроль	0,41	17,2	21,5	18,5	0,42	17,9	22,0	18,9
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,44	18,8	23,2	19,7	0,45	19,4	23,7	20,1
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,45	20,1	24,5	21,0	0,47	20,7	25,0	21,5
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,45	20,7	25,3	22,3	0,47	21,2	26,4	23,5
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,46	20,8	24,9	21,8	0,48	20,3	25,4	22,7
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,45	18,6	23,2	20,0	0,47	19,2	23,9	21,8
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,46	20,7	25,2	23,0	0,48	21,3	26,1	23,6

Сорт Запорізький богатир (фактор А)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Контроль	0,40	16,9	20,9	18,2	0,42	17,5	21,5	18,4
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,43	18,0	22,5	19,3	0,44	18,9	23,0	19,6
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,44	18,3	23,7	20,9	0,45	20,3	24,6	21,1
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,44	20,5	24,9	22,2	0,45	21,2	25,4	22,8
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,44	18,3	24,6	21,6	0,46	19,7	25,7	22,2
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,43	18,3	22,7	19,9	0,45	18,9	24,5	20,7
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,44	20,7	25,0	22,7	0,48	21,2	25,8	23,1

До фази бутонізації відбулося інтенсивне наростання листкового апарату поверхні рослин, з максимальним значенням 21,3 тис. м²/га у сорту Добродар за варіанту передпосівної обробки насіння Азотофітом у поєднанні з $N_{15}P_{15}K_{15}$ та підживлення Органік баланс 1,0 л/га у фазу 4–6 листків + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га на початку бутонізації. Контрольні варіанти забезпечили значно нижчі значення цього показника (16,6–17,5 тис. м²/га). Порівняно з контролем, у всіх досліджуваних сортів застосування комплексного мінерального добрива та препаратів для підживлення сприяло істотному приросту площі листкової поверхні саме у цю фазу розвитку льону олійного.

Найбільших значень площа листкової поверхні досягала у фазу цвітіння, яка є визначальною для формування фотосинтетичного потенціалу посіву (рис. 4.1). Так, у варіантах з інтегрованою системою живлення площа листкової поверхні рослин льону олійного сорту Добродар сягала 26,4 тис. м²/га, а сорту Запорізький богатир – 25,8 тис. м²/га, що значно перевищувало контроль (20,3–21,5 тис. м²/га). Застосування Азотофіту для передпосівної обробки насіння також забезпечувало додатковий приріст цього показника.

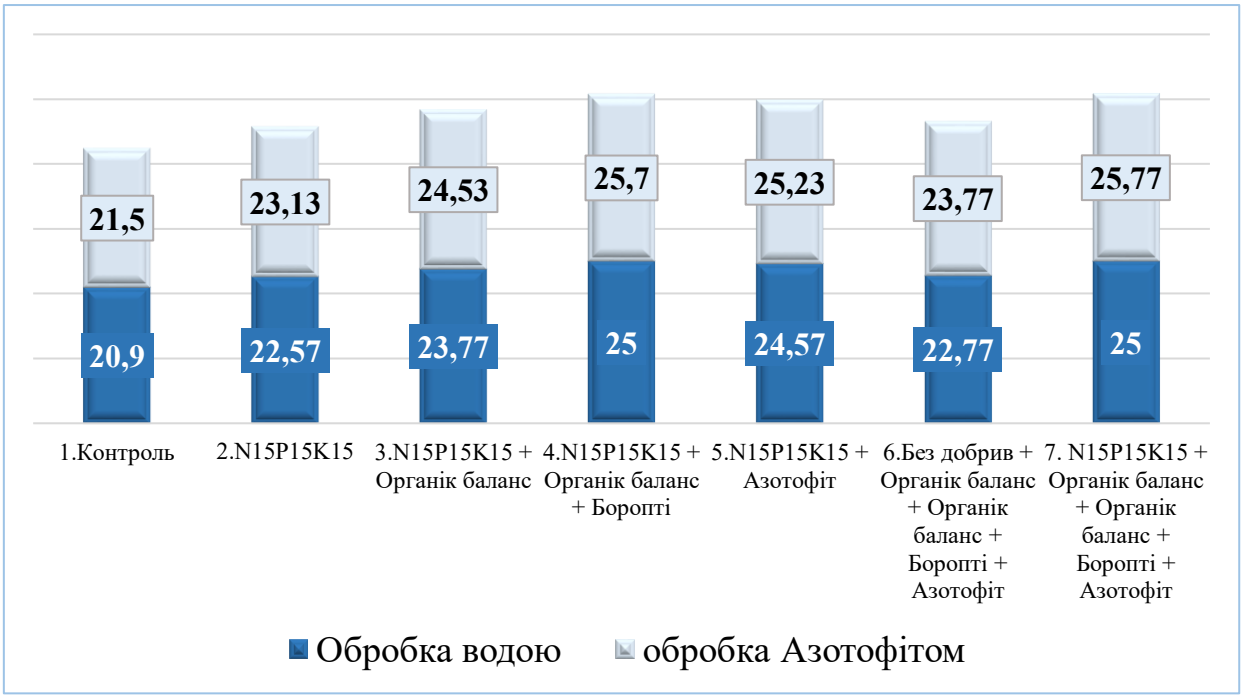


Рис. 4.1. Площа листкової поверхні рослин льону олійного в середньому по сортах за дії досліджуваних фатктрів у фазу цвітіння (середнє за 2022-2024 рр.), тис. м^2/га

У фазі зеленої стиглості насіння спостерігали певне зменшення площі листкової поверхні внаслідок природного відмирання частини листків, однак навіть на цьому етапі у варіантах з комплексним внесенням добрив та підживлень сучасними препаратами площа листкової поверхні залишалася на високому рівні (до 23,6 тис. м²/га для сорту Добродар і 23,1 тис. м²/га для сорту Запорізький богатир).

Загалом, упродовж усіх фаз вегетації найвищі значення площі листкової поверхні визначено у варіантах, де поєднували мінеральне живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$), препарати (Органік баланс, Боропті та Азотофіт), особливо за передпосівної обробки насіння Азотофітом. Усі сорти позитивно реагували на зазначені елементи, а найвищими абсолютними показниками, особливо у фазі цвітіння та зеленої стиглості насіння вирізнявся сорт Добродар.

Отримані результати свідчать, що формування максимальної площі листкової поверхні рослин льону олійного забезпечується шляхом застосування комплексного мінерального добрива, позакореневих підживлень

сучасними препаратами у поєднанні з оптимальним добором сорту та проведення передпосівної обробки насіння, що створює передумови для підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву і майбутньої врожайності культури в умовах Південного Степу України.

Ми побудували кореляційно-регресійну залежність між урожайністю насіння та площею листкової поверхні льону олійного у середньому по сортах у фазу цвітіння (рис. 4.2). Встановлено дуже сильний звязок R^2=0,9554-0,9646.

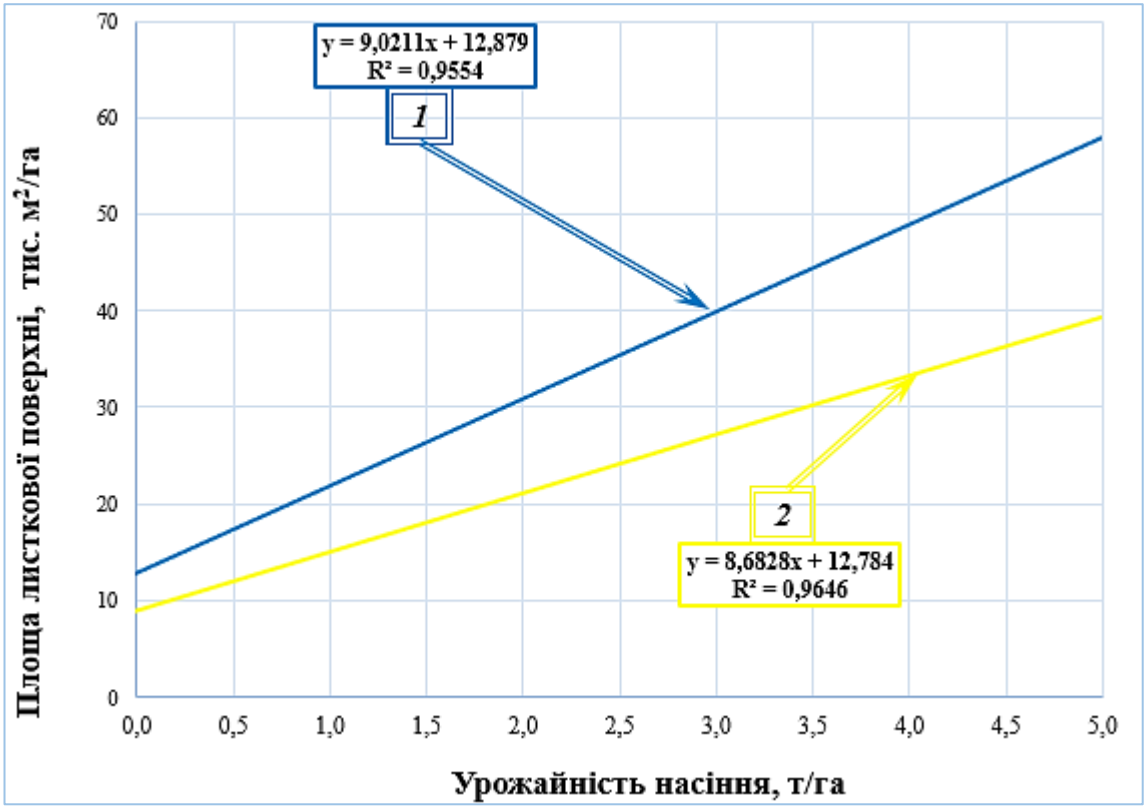


Рис. 4.2. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю насіння та площею листкової поверхні льону олійного у середньому по сортах у фазу цвітіння (середнє за 2022–2024 рр.):

1. Обробка насіння водою
2. Обробка насіння Азотофітом

Доцільно зазначити, що більших величин площа листкової поверхні рослин усіх досліджуваних сортів льону олійного в прийняті фази визначення досягла у 2023 році вирощування культури. А найменшими значення цього показника сформувалися у найбільш посушливому 2024 р.

Аналогічним чином відбувалося і наростання надземного апарату рослин досліджуваних сортів упродовж вегетації культури.

Формування сирої та сухої надземної біомаси є одним із найбільш важливих показників росту, розвитку й продуктивності рослин льону олійного. Суха біомаса не лише характеризує інтенсивність фотосинтетичних процесів і нагромадження асимілянтів, а й істотно впливає на формування врожаю насіння та лляної соломи [196, 215]. Сучасні дослідження з льоном олійним свідчать, що інтенсивність нагромадження сухої біомаси істотно різниться за етапами органогенезу. Найбільше її накопичується у фазі цвітіння, який є періодом максимального розвитку листкового апарату, фотосинтезу й росту стебел [98, 125, 215]. На початкових фазах (сходи – ялинка) абсолютна кількість біомаси залишається невеликою, проте зі збільшенням площі листкової поверхні цей показник посилено зростає.

Формування сухої біомаси істотно залежить від сортових особливостей, рівня мінерального живлення, забезпеченості вологою та застосування біостимуляторів. Внесення мінеральних добрив (переважно азоту, фосфору й калію) стимулює наростання вегетативної маси. Оптимізація живлення у поєднанні з використанням сучасних біопрепаратів дозволяє суттєво підвищити нагромадження сухої речовини, що підтверджується проведенням як лабораторних, так і польових досліджень [5, 13, 215].

Важлива роль у формуванні біомаси рослин льону олійного належить кліматичним чинникам, насамперед, забезпеченості їх вологою та оптимальним температурним режимом. За посушливих умов дефіцит вологи може призвести до суттєвого послаблення інтенсивності фотосинтезу, сповільнення росту і, відповідно, зменшення накопичення сухої біомаси [8, 199]. Водночас адаптовані до зони вирощування сорти проявляють більшу стабільність цього показника навіть за стресових умов.

Можна вважати, що суха біомаса є індикатором фізіологічного стану рослин, характеризує їхню фотосинтетичну активність та потенціал насіннєвої продуктивності загалом. Дослідниками встановлено тісний кореляційний

зв’язок між величиною накопиченої біомаси у фазу цвітіння і майбутнім рівнем урожаю насіння [25, 215]. Разом з тим надмірне наростання вегетативної біомаси за високих доз азоту може погіршувати технологічну якість льоноволокна.

Так як показники площі листкової поверхні рослин досліджуваних сортів льону олійного різнилися неістотно, накопичення абсолютно сухої надземної біомаси ми наводимо у середньому за сортами (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Накопичення абсолютно сухої надземної біомаси посівами льону олійного (середнє по сортах за 2022–2024 рр.), т/га

Варіанти живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)									
	Обробка водою					Обробка Азотофітом				
	Ялинка	Бутонізація	Цвітіння	Зелена стиглість насіння	Повна стиглість насіння	Ялинка	Бутонізація	Цвітіння	Зелена стиглість насіння	Повна стиглість насіння
1.Контроль	0,07	1,30	1,90	2,08	2,28	0,08	1,35	2,00	2,18	2,40
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,08	1,45	2,10	2,35	2,55	0,09	1,53	2,20	2,48	2,68
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,09	1,56	2,35	2,65	2,90	0,10	1,62	2,46	2,77	3,10
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,10	1,70	2,55	2,90	3,18	0,11	1,77	2,65	3,08	3,37
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,10	1,60	2,50	2,80	3,10	0,11	1,69	2,58	2,96	3,25
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,09	1,52	2,20	2,54	2,80	0,10	1,58	2,27	2,65	2,95
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,11	1,80	2,65	3,10	3,40	0,12	1,89	2,75	3,25	3,56

Показники накопичення рослинами льону олійного абсолютно сухої надземної біомаси зростали з переходом від ранніх фаз до повної стиглості насіння, що свідчить про активне наростання вегетативної біомаси упродовж усього періоду вегетації. У контрольному варіанті (без добрив і препаратів) за обробки насіння водою накопичення біомаси у фазу повної стиглості насіння становило 2,28 т/га, тоді як за обробки насіння біопрепаратом Азотофіт – 2,40 т/га, що на 5,3% більше.

Внесення комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечило збільшення біомаси до 2,55 т/га за обробки водою і 2,68 т/га Азотофітом. Позакореневі підживлення препаратами, зокрема Органік баланс і Боропті (на початку бутонізації) забезпечило подальший приріст сухої біомаси. Максимальною біомаса на період повної стиглості насіння накопичилася у варіанті поєднання комплексного внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння) – 3,40 т/га за обробки водою та 3,56 т/га за обробки його Азотофітом, що на 4,7% більше.

Найбільш вираженим наростання біомаси визначено нами за поєднання декількох елементів живлення та проведення передпосівної обробки насіння, що засвідчує доцільність використання запропонованої оптимізації живлення рослин льону олійного для підвищення його продуктивності.

На основі проведених розрахунків усереднених показників мінерального живлення в середньому по сортах льону олійного встановлено, що застосування передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт суттєво збільшує накопичення сухої біомаси рослин. Ці результати підтверджують ефективність інтегрованого підходу до оптимізації живлення культури, за якого поєднання традиційних мінеральних добрив із позакореневими підживленнями сучасними препаратами забезпечує інтенсифікацію ростових процесів та збільшення продуктивності льону олійного (рис. 4.3).

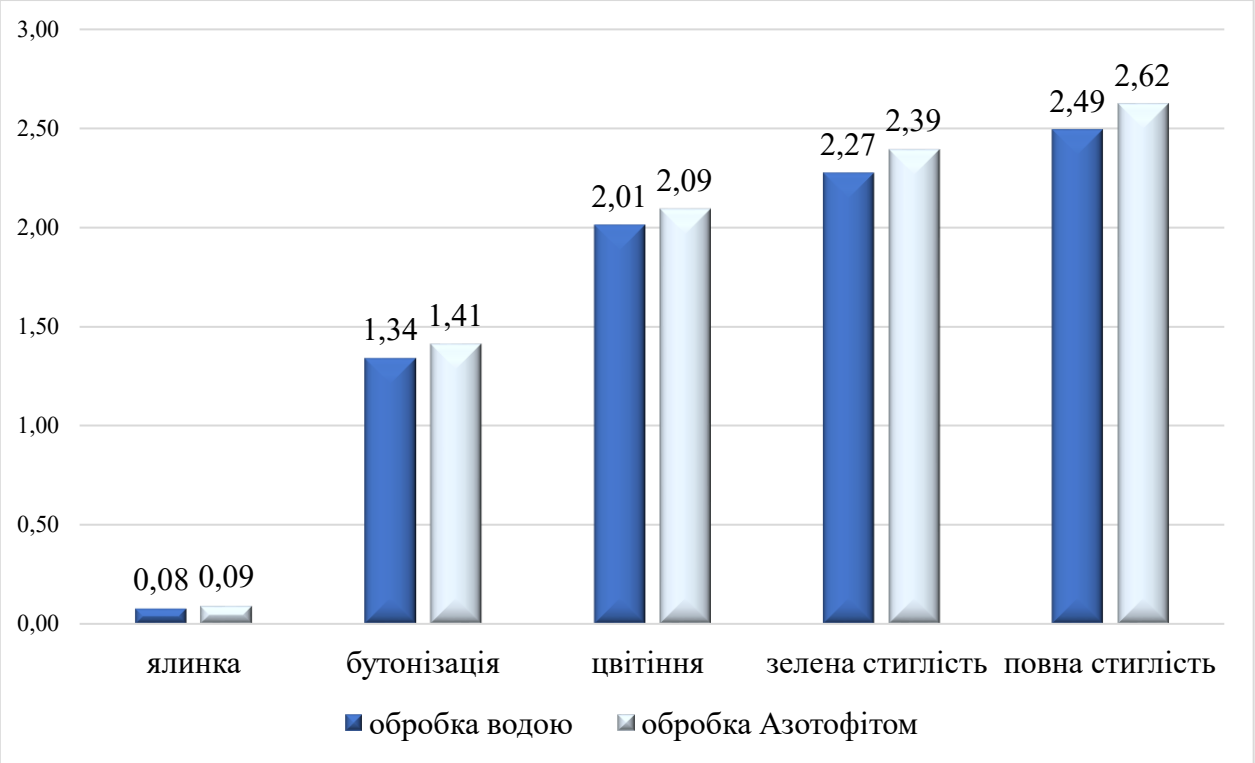


Рис. 4.3. Накопичення абсолютно сухої надземної біомаси посівами льону олійного (середнє по сортах та варіантах живлення за 2022–2024 рр.)

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що поєднання комплексного мінерального добрива та проведення позакореневих підживлень сучасними препаратами з використанням Азотофіту для передпосівної обробки насіння сприяє більш ефективному накопиченню сухої надземної біомаси рослин льону олійного упродовж вегетації, що є важливим для підвищення врожайності насіння цієї культури в умовах Південного Степу України. Наведені показники приростів сухої надземної біомаси у середньому по всіх досліджуваних сортах та їх збільшення за впливу оптимізації живлення є досить важливим і для ефективного використання вологи рослинами, так як відомо, що більший габітус рослин значнішою мірою закриває поверхню поля, що в свою чергу забезпечує більш ефективне використання вологи рослинами, знижуючи її непродуктивні втрати.

4.2. Вплив досліджуваних факторів вирощування льону олійного на процеси фотосинтезу

Рівень фотосинтетичної діяльності визначається не лише площею листкової поверхні та фотосинтетичним потенціалом посівів, важливим показником виступає чиста продуктивність фотосинтезу, яка відображає приріст загальної біомаси рослин стосовно площі листків за певний період вегетації. Чиста продуктивність фотосинтезу характеризує кількість сухої речовини, що утворюється за добу з розрахунку на 1 м² листкової поверхні, та виражається у грамах [23, 53, 84, 129, 157, 168]. Ми розрахували значення чистої продуктивності фотосинтезу для рослин льону олійного у середньому по сортах та за роки вирощування (табл. 4.3).

У результаті трирічних досліджень (2022–2024 рр.) у середньому за сортами було встановлено істотний вплив різних варіантів живлення та передпосівної обробки насіння на чисту продуктивність фотосинтезу посівів льону олійного. Дані табл. 4.3 свідчать, що максимальні значення цього показника визначені у фазу бутонізація – цвітіння, коли рослини перебувають у найбільш активному етапі вегетативного розвитку.

У контрольному варіанті без добрив визначили найнижчі показники чистої продуктивності фотосинтезу – у межах 2,00–2,17 г/м² за добу у фазу ялинка – бутонізація та 0,90 г/м² у фазу цвітіння – зелена стиглість насіння, незалежно від способу передпосівної обробки насіння (водою чи Азотофітом).

Варіанти з мінеральним живленням $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечували зростання фотосинтетичної активності рослин. У випадку поєднання внесення комплексного мінерального добрива з проведенням позакореневх підживлень препаратами (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) визначено подальше зростання чистої продуктивності фотосинтезу. Зокрема, у фазу бутонізація – цвітіння за комбінованого застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок

бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га на початку наливу насіння значення досягали 7,68–8,05 г/м² за добу, що істотно перевищувало контроль.

Таблиця 4.3

Чиста продуктивність фотосинтезу посіву льону олійного (середнє по сортах за 2022–2024 рр.), г/м² за добу

Варіанти живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)					
	Обробка водою			Обробка Азотофітом		
	Ялинка - Бутонізація	Бутонізація - Цвітіння	Цвітіння - Зелена стиглість насіння	Ялинка - Бутонізація	Бутонізація - Цвітіння	Цвітіння - Зелена стиглість насіння
1.Контроль	2,00	5,59	0,90	2,17	5,77	0,90
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	2,17	6,23	1,25	2,23	6,55	1,40
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	2,63	6,68	1,50	2,80	6,91	1,55
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	2,83	7,27	1,75	2,93	7,55	2,15
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	3,00	6,82	1,50	2,97	7,18	1,90
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	2,27	6,50	1,70	2,30	6,73	1,90
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	2,83	7,68	2,25	2,87	8,05	2,50

Обробка насіння Азотофітом також забезпечувала підвищення фотосинтетичної активності рослин у всіх варіантах живлення порівняно з передпосівною обробкою його водою, особливо у критичні фази росту. Найбільший позитивний ефект в наших дослідженнях визначено у варіантах, за поєднання мінерального удобрення з позакореневими підживленнями: у

фазу цвітіння – зелена стиглість насіння продуктивність фотосинтезу становила до 2,50 г/м².

Для варіантів без внесення мінеральних добрив, але із проведенням підживлень препаратами (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) також визначено вищі показники чистої продуктивності фотосинтезу порівняно з контролем. Однак абсолютні значення були істотно нижчими, порівняно з використанням оптимізації живлення: у фазу бутонізації – цвітіння – 6,50–6,73 г/м² за добу.

Таким чином, динаміка зміни показників чистої продуктивності фотосинтезу свідчить про найбільшу її активність у фазу бутонізація – цвітіння, після чого значення ЧПФ поступово знижуються на етапах формування та дозрівання насіння. Між урожайністю насіння льону олійного (в середньому по сортах) та чистою продуктивністю фотосинтезу визначено тісний кореляційний зв'язок: коефіцієнт детермінації R^2 коливається в межах 0,7683–0,9675 (рис. 4.4), що свідчить про сильний та дуже сильний рівень залежності між цими показниками.

Отримані результати підтверджують доцільність комплексного застосування оптимізації живлення для стимулювання фотосинтетичної активності посівів льону олійного. Найвищих показників чистої продуктивності фотосинтезу досягнуто за поєднання $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння) за передпосівної обробки насіння Азотофітом. Це свідчить про доцільність елементів технології, що взяті нами на дослідження, до подальшого підвищення продуктивності культури льону олійного за вирощування його в умовах Південного Степу України.

Рівень урожайності значною мірою залежить не тільки від площі листків, але й від тривалості їх активної роботи. Тому, щоб всебічно оцінити фотосинтетичну діяльність, важливо визначати фотосинтетичний потенціал посівів. Цей показник має істотне значення для забезпечення високих урожаїв льону олійного [122, 168, 170].

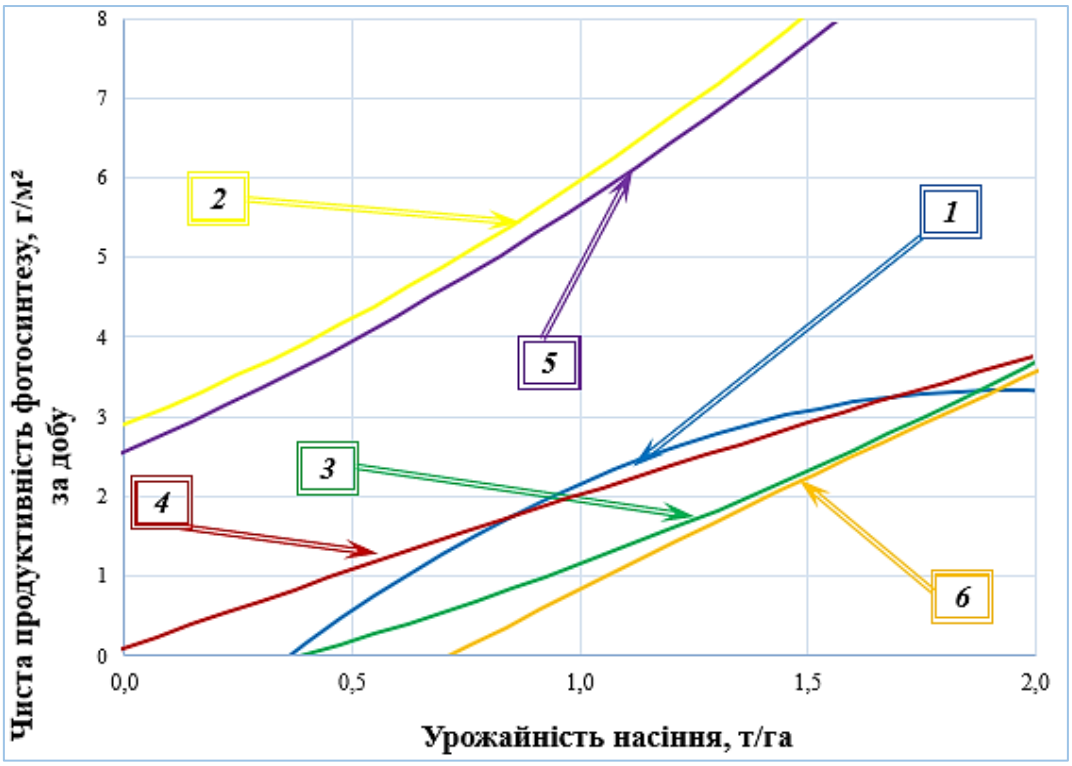


Рис. 4.4. Кореляціно-регресійна залежність між рівнем урожайності насіння льону олійного (в середньому по сортах) та чистою продуктивністю фотосинтезу (середнє за 2022-2024 рр.):

1. Обробка насіння водою у фазу ялинка – бутонізація: $y = -1{,}3483x^2 + 5{,}21x - 1{,}7033$; $R^2 = 0{,}8034$

2. Обробка насіння водою у фазу бутонізація – цвітіння: $y = 0{,}7714x^2 + 2{,}2816x + 2{,}903$; $R^2 = 0{,}9679$

3. Обробка насіння водою у фазу цвітіння - зелена стиглість насіння: $y = 0{,}4165x^2 + 1{,}2966x - 0{,}5663$; $R^2 = 0{,}7798$

4. Обробка насіння Азотофітом у фазу ялинка – бутонізація: $y = -0{,}0876x^2 + 2{,}0123x + 0{,}1113$; $R^2 = 0{,}7683O$

5. Обробка насіння Азотофітом у фазу бутонізація – цвітіння: $y = 0{,}6269x^2 + 2{,}478x + 2{,}589$; $R^2 = 0{,}9675$

6. Обробка насіння Азотофітом у фазу цвітіння - зелена стиглість насіння: $y = -0{,}1707x^2 + 3{,}2267x - 2{,}1961$;$R^2 = 0{,}8709$

Фотосинтетичний потенціал пропорційно пов'язаний із загальною площею листків та визначається сумарною площею листкової поверхні за період вегетації або в окремі міжфазні періоди у розрахунку на гектар посіву. Повноцінними вважають посіви, фотосинтетичний потенціал яких становить понад 2 млн м²·добу.

Дані таблиці 4.4 характеризують фотосинтетичний потенціал (ФП) посіву льону олійного у основні міжфазні періоди вегетації залежно від досліджуваних факторів, а саме оптимізації живлення та передпосівної обробки насіння.

Таблиця 4.4

Фотосинтетичний потенціал посіву льону олійного в основні міжфазні періоди вегетації залежно від факторів вирощування (середнє по сортах за 2022-2024 рр.), тис. м²·діб/га

Варіанти живлення (фактор С)	Міжфазні періоди вегетації			Сума (ФП)
	Ялинка - Бутонізація	Бутонізація - Цвітіння	Цвітіння - Зелена спілість	
за передпосівної обробки насіння водою (фактор В)				
1.Контроль	173,0	283,5	195,15	651,65
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	186,3	305,78	209,2	701,28
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	192,1	319,05	223,35	734,50
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	209,7	341,48	235,5	786,68
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	195,2	327,3	230,85	753,35
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	185,4	306,53	213,2	705,13
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	211,2	342,53	238,15	791,88
за передпосівної обробки насіння Азотофітом (фактор В)				
1.Контроль	179,8	293,0	200,0	672,8
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	193,7	315,45	214,0	723,15
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	204,2	333,75	228,15	766,1
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	209,3	346,28	242,65	798,23
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	203,3	338,25	237,5	779,05
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	194,8	321,0	223,35	739,15
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	216,7	352,28	244,7	813,68

Отримані дані свідчать, що у контрольному варіанті (без добрив і препаратів) ФП у міжфазний період ялинка – бутонізація становив 173,0 тис. м²·діб/га (за обробки водою) та 179,8 тис. м²·діб/га (за передпосівної обробки насіння Азотофітом). Внесення комплексного мінерального добрива з проведенням підживлень досліджуваними препаратами призводило до суттєвого зростання фотосинтетичного потенціалу посіву у всі міжфазні періоди, в які проводили визначення. Найвищі значення отримали у варіантах комплексного застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння): за обробки водою сума ФП досягала 791,88 тис. м²·діб/га, а за передпосівної обробки насіння Азотофітом – 813,68 тис. м²·діб/га, що свідчить про доцільність проведення обробки насіння перед сівбою сучасними біопрепаратами.

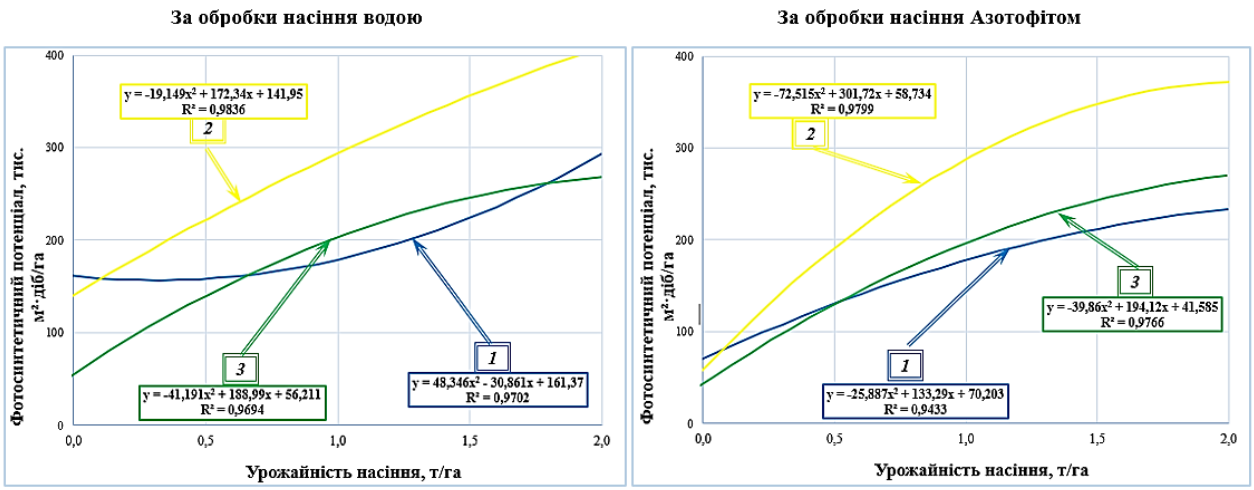


Рис. 4.5. Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю насіння та фотосинтетичним потенціалом посівів льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.):

1. У фазу ялинка - бутонізація
2. У фазу бутонізація - цвітіння
3. У фазу цвітіння - зелена стиглість

Найбільш інтенсивний приріст фотосинтетичного потенціалу визначено у фази бутонізація – цвітіння та цвітіння – зелена стиглість насіння, що

свідчить про високу реакцію посівів льону олійного на удосконалені нами елементи технології у критичні періоди формування врожаю.

Загалом, отримані результати, що наведені в табл. 4.4 підтверджують, що застосування ресурсоощадного живлення з внесенням помірної дози комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$, передпосівною обробкою насіння Азотофітом та проведенням позакореневих підживлень сучасними препаратами забезпечує найбільший фотосинтетичний потенціал посіву льону олійного. Це свідчить про створення зазначеними заходами технології оптимальних умов для ростових процесів та підвищення продуктивності культури в умовах Південного Степу України.

Між урожайністю насіння та фотосинтетичним потенціалом посівів льону олійного встановлено дуже високий кореляційний зв'язок (рис. 4.5), про що свідчать розраховані коефіцієнти кореляції R^2 = 0,9433–0,9836.

Висновки до розділу 4:

Максимальних значень площа листкової поверхні досягала у фазу цвітіння, яка є визначальною для формування фотосинтетичного потенціалу посіву. У варіантах комплексного поєднання добрив, підживлень та передпосівної обробки насіння цей показник у сорту Добродар досяг 26,4 тис. м²/га, а у сорту Запорізький богатир – 25,8 тис. м²/га, що значно перевищувало контрольні варіанти. Усі досліджувані сорти позитивно реагували на оптимізацію живлення. Площа листкового апарату найбільших значень сформована у сприятливому 2023 р., а найнижчих – у посушливому 2024 р.

Аналогічною визначена тенденція і щодо наростання абсолютно сухої надземної біомаси. Максимальних значень її кількість досягла у фазу повної стиглості насіння. У контролі (без добрив і препаратів) – 2,28 т/га, тоді як у варіанті з обробкою насіння Азотофітом – 2,40 т/га. Застосування комплексного мінерального добрива підвищило цей показник до 2,68 т/га. Максимальні значення сухої біомаси визначили за поєднання добрив та

позакореневих підживлень препаратами – 3,56 т/га. На показники біомаси та площі листкової поверхні істотно впливала передпосівна обробка насіння Азотофітом, яка забезпечувала додатковий їх приріст порівняно з контролем.

Досліджувані системи живлення й передпосівна обробка насіння істотно позначались на чистій продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичному потенціалі посівів льону олійного. Найвищими значення ЧПФ визначені нами у фазу бутонізації – цвітіння. За використання комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ у поєднанні з позакореневими підживленнями (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) вона досягала 7,68–8,05 г/м² за добу, що майже удвічі перевищувало контроль. Застосування Азотофіту для передпосівної обробки насіння також позитивно впливало на фотосинтетичну активність у всіх варіантах живлення, особливо у критичні фази росту, забезпечуючи вищі абсолютні значення продуктивності порівняно з обробкою водою. Навіть без внесення мінеральних добрив, але з проведенням підживлень сучасними препаратами, чиста продуктивність фотосинтезу суттєво перевищувала контроль, хоча й залишалася нижчою, ніж за комплексної оптимізації живлення. Виявлено тісний кореляційний зв’язок між урожайністю льону олійного та ЧПФ (коефіцієнт детермінації R^2=0,7683–0,9675), що підтверджує важливу роль фотосинтетичної активності у формуванні врожаю.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) посіву у контрольних варіантах значно поступався показникам варіантів із внесенням добрив і проведенням позакореневих підживлень. Застосування комплексної системи живлення за поєднання $N_{15}P_{15}K_{15}$, Органік балансу, Боропті та Азотофіту забезпечувало максимальні значення ФП (до 813,68 тис. м²·діб/га за обробки насіння Азотофітом), особливо у фази бутонізація – цвітіння та цвітіння – зелена стиглість насіння.

Публікації за розділом 4:

1. Зелінський Ю. А. Вплив ресурсоощадного живлення на площу листкової поверхні сортів льону олійного. *Progressive Approaches in Science and Engineering*: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. July 23-25, 2025. Copenhagen, Denmark. С. 15-19.

2. Зелінський Ю. А. Вплив ресурсозберігаючих підходів до живлення на фотосинтетичну активність сортів льону олійного. *Таврійський науковий вісник.* № 145. Частина 1. 2025. С.127–133. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.15

РОЗДІЛ 5
ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ, СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

5.1. Урожайність сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів

У сучасних умовах ведення сільського господарства, особливо в зоні Південного Степу України, агровиробництво значною мірою обумовлюється численними викликами, зумовленими як кліматичними змінами (зростання температур, дефіцит вологи), так і необхідністю підвищення ефективності використання ресурсів. Зокрема, культура льону олійного, яка має високу біологічну цінність та потенціал для збільшення посівних площ, потребує удосконалення елементів технології, які спрямовані на стабілізацію врожайності та покращення якості насіння. Традиційні підходи до мінерального живлення не завжди забезпечують повну реалізацію потенціалу культури, особливо за абіотичних стресів, які щорічно повторюються. Тому актуальним напрямом для вчених є проведення комплексних польових досліджень, спрямованих на встановлення оптимального поєднання добору сортового складу, передпосівної обробки насіння, застосування мінеральних добрив та проведення позакореневого підживлення біопрепаратами, що активізують обмінні процеси та підвищують стійкість рослин до несприятливих чинників. Вивчення цих питань дозволить розробити ефективні й адаптовані елементи технології вирощування льону олійного в умовах посушливого Степу.

Урожайність насіння льону олійного є одним із основних складових ефективності вирощування цієї культури, оскільки саме вона визначає загальний вихід товарної продукції та є основою для оцінки економічної

доцільності впроваджених елементів технології. В умовах зростання попиту на рослинні олії, зокрема на ліноленову та лінолеву, що містяться у насінні льону, стабільне забезпечення високого рівня врожаю стає пріоритетом як у наукових розробках, так і у виробничій діяльності [93, 184, 224].

Порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, льон олійний вирізняється відносно низьким використанням поживних речовин на формування одиниці врожаю. Водночас, через обмежену тривалість вегетаційного періоду, рослини характеризуються підвищеною потребою в легкодоступних елементах живлення, особливо на ранніх етапах росту. Як засвідчують результати численних наукових досліджень, застосування мінеральних добрив суттєво підвищує врожайність льону, сприяє кращому засвоєнню макро- та мікроелементів, активізації метаболізму та формуванню високої продуктивності насіння [2, 4, 16, 132, 160].

Використання біологічних препаратів на різних етапах розвитку льону олійного сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, що позитивно позначається на їх рості, розвитку та формуванні якісного насіння. Проведеними дослідженнями [59, 81, 134] визначено, що включення біопрепаратів до технологічної схеми вирощування, дозволяє підвищити ефективність живлення, поліпшити агрофізичний стан ґрунту і зменшити вплив стресових факторів середовища, що в кінцевому підсумку забезпечує приріст урожайності та покращення якості вирощеного насіння.

Урожайність залежить від ряду факторів, серед яких важливу роль мають сортові особливості, забезпечення рослин елементами живлення, біологічна активність ґрунту, погодні умови та елементи технології вирощування. В останні роки особливо важливим є використання інтегрованих ресурсоощадних підходів до живлення, які поєднують мінеральні добрива з біологічними препаратами та передпосівною обробкою насіння. Це дозволяє найбільш максимально проявитись генетичному потенціалу сорту.

Так, дослідженнями [21] визначено, що поєднання передпосівної обробки насіння препаратом Баст Комплекс (0,5 л/т) з проведенням

позакореневого підживлення у фазу «ялинка» (бор – 1 л/га, Органік Д-2М – 2 л/га або Баст Комплекс – 1,5 л/га) на фоні внесення комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ призвело до істотного підвищення врожайності насіння льону олійного. Завдяки такій ресурсозберігаючій системі живлення рівень урожайності зростав на 0,51–0,58 т/га, що перевищувало контроль на 49–56%. На думку авторів, ефективність зумовлена покращенням стартового росту, інтенсифікацією живлення та посиленням стійкості рослин до стресових чинників. Їх результати засвідчують доцільність проведення підживлення мікроелементами у поєднанні з мінеральними добривами для реалізації потенціалу продуктивності льону олійного в умовах Південного Степу України. Такий підхід дозволяє не лише знизити витрати на вирощування, а й зберегти існуючу родючість та покращити екологічний стан агроекосистеми [26, 27].

Таким чином, рівень урожайності насіння льону олійного є не лише критерієм економічної ефективності, а й індикатором рентабельності елементів технології та її відповідності сучасним вимогам ресурсоощадного, сталого землеробства.

Результатами досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив, обробка насіння перед сівбою та проведення позакореневих підживлень покращували умови росту і розвитку рослин сортів льону олійного і позитивно вплинули на рівень урожайності насіння цієї культури.

Результати отриманих досліджень дозволяють обґрунтувати, що за рахунок елементів технології, зокрема передпосівної обробки насіння, можна підвищувати рівень урожаю. В середньому за 3 роки досліджень було визначено, що рівні продуктивності рослин сортів льону олійного залежали від факторів, які були взяті на вивчення. За обробки насіння Азотофітом рівень урожайності насіння зростав (табл. 5.1).

Фактор оптимізації живлення також істотно впливав на прирости врожаю насіння досліджуваних сортів льону олійного. Найнижчі рівні врожаїв отримано у контрольних варіантах досліду (без застосування добрив і

препаратів): за проведення обробки насіння перед сівбою водою середня врожайність за три роки становила 0,82 т/га у сорту Водограй, 0,87 т/га – у сорту Добродар і 0,86 т/га – у сорту Запорізький богатир. Застосування комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ сприяло підвищенню врожайності насіння льону олійного в середньому на 17–21% порівняно з контролем.

Таблиця 5.1

Урожайність насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів за роками вирощування, т/га

Варіант живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)							
	Обробка водою				Обробка Азотофітом			
	2022	2023	2024	2022-2024	2022	2023	2024	2022-2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сорт Водограй (фактор А)								
1.Контроль	0,71	1,08	0,67	0,82	0,84	1,34	0,82	1,00
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,87	1,27	0,83	0,99	1,04	1,53	1,00	1,19
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,93	1,32	0,91	1,05	1,12	1,58	1,09	1,26
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	1,11	1,47	1,08	1,22	1,30	1,77	1,30	1,46
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	1,04	1,39	1,01	1,15	1,25	1,67	1,22	1,38
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,92	1,25	0,83	1,00	1,09	1,51	1,01	1,20
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1,18	1,52	1,14	1,28	1,41	1,69	1,37	1,49
Сорт Добродар (фактор А)								
1.Контроль	0,75	1,12	0,73	0,87	0,88	1,38	0,86	1,04
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,92	1,32	0,87	1,04	1,09	1,58	1,05	1,24
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,98	1,36	0,96	1,10	1,16	1,63	1,14	1,31
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	1,17	1,50	1,13	1,27	1,35	1,84	1,36	1,52

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	1,09	1,43	1,07	1,20	1,31	1,72	1,28	1,43
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,99	1,29	0,89	1,06	1,15	1,56	1,08	1,26
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1,24	1,57	1,19	1,33	1,47	1,75	1,46	1,56
Сорт Запорізький богатир (фактор А)								
1.Контроль	0,74	1,14	0,70	0,86	0,89	1,40	0,85	1,05
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,92	1,32	0,86	1,03	1,10	1,57	1,03	1,23
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,97	1,38	0,95	1,10	1,16	1,64	1,15	1,32
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	1,15	1,51	1,13	1,26	1,36	1,82	1,35	1,51
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	1,10	1,43	1,05	1,19	1,30	1,71	1,27	1,43
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,98	1,30	0,87	1,05	1,16	1,55	1,07	1,26
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	1,23	1,56	1,18	1,32	1,46	1,74	1,43	1,54
$НІР_{05}$, %								
2022 рік	за фактором А – 0,01; за фактором В – 0,04; за фактором С – 0,02; за взаємодією факторів АВ – 0,03; за взаємодією факторів АС – 0,05; за взаємодією факторів ВС – 0,04; за взаємодією факторів АВС – 0,06							
2023 рік	за фактором А – 0,02; за фактором В – 0,06; за фактором С – 0,03; за взаємодією факторів АВ – 0,05; за взаємодією факторів АС – 0,06; за взаємодією факторів ВС – 0,06; за взаємодією факторів АВС – 0,08							
2024 рік	за фактором А – 0,02; за фактором В – 0,05; за фактором С – 0,03; за взаємодією факторів АВ – 0,04; за взаємодією факторів АС – 0,05; за взаємодією факторів ВС – 0,05; за взаємодією факторів АВС – 0,07							

Проведення позакореневого підживлення препаратами (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) ще більш суттєво підвищувало врожайність насіння культури. Найвищих значень рівнів урожайності насіння всіх сортів було сформовано за комплексного застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ у поєднанні з

проведенням позакореневих підживлень препаратами Органік баланс (1 л/га у фази 4-6 листків та на початку бутонізації), Боропті (150 г/га) і Азотофіт (0,5 л/га). Зокрема, найвищий середній рівень урожайності за три роки (1,56 т/га) сформовано сортом Добродар за проведення обробки насіння до сівби Азотофітом та внесення повного комплексу мінерального добрива і проведення позакореневих підживлень. У всі роки вирощування спостерігали стійку тенденцію підвищення врожайності насіння за використання у технології вирощування позакореневих підживлень. Найвищий середньозважений рівень урожайності (рис. 5.1) забезпечив сорт Добродар - 1,64 т/га у 2023 році за передпосівної обробки насіння Азотофітом. У сорту Запорізький богатир цей показник був таким же і становив 1,63 т/га, а сорту Водограй – 1,58 т/га. За обробки насіння водою зазначені сорти сформували врожайність насіння на рівнях 1,37, 1,38 і 1,33 т/га відповідно.

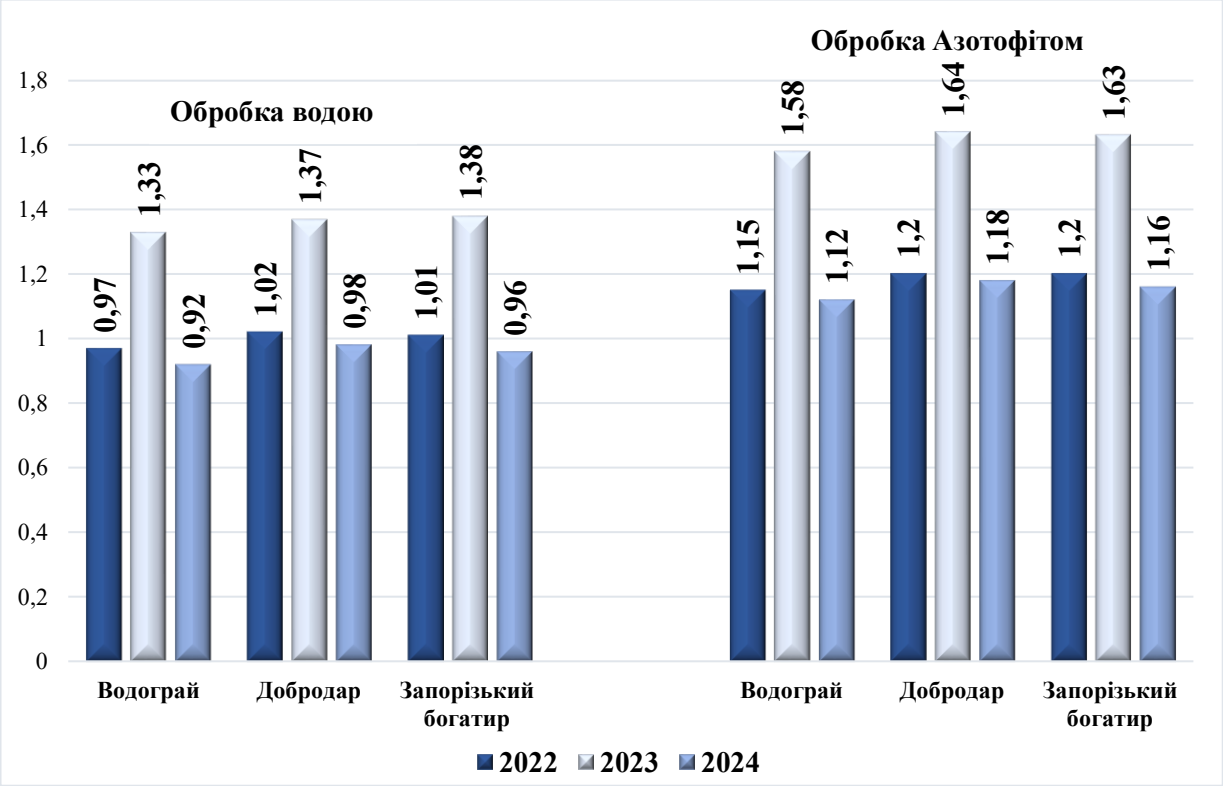


Рис. 5.1. Середньозважена врожайність насіння льону олійного у роки вирощування залежно від передпосівної обробки насіння, т/га

Встановлено, що передпосівна обробка насіння Азотофітом мала перевагу порівняно з обробкою його водою, підвищуючи врожайність у середньому на 15–20% (рис. 5.2). Це свідчить про позитивне значення передпосівної обробки насінин на стартовий ріст рослин, формування генеративних органів у подальшій вегетації та загальну продуктивність культури. Застосування Азотофіту є доцільним елементом біологізованої технології вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України, що дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів та посилити адаптацію рослин до стресових умов середовища.

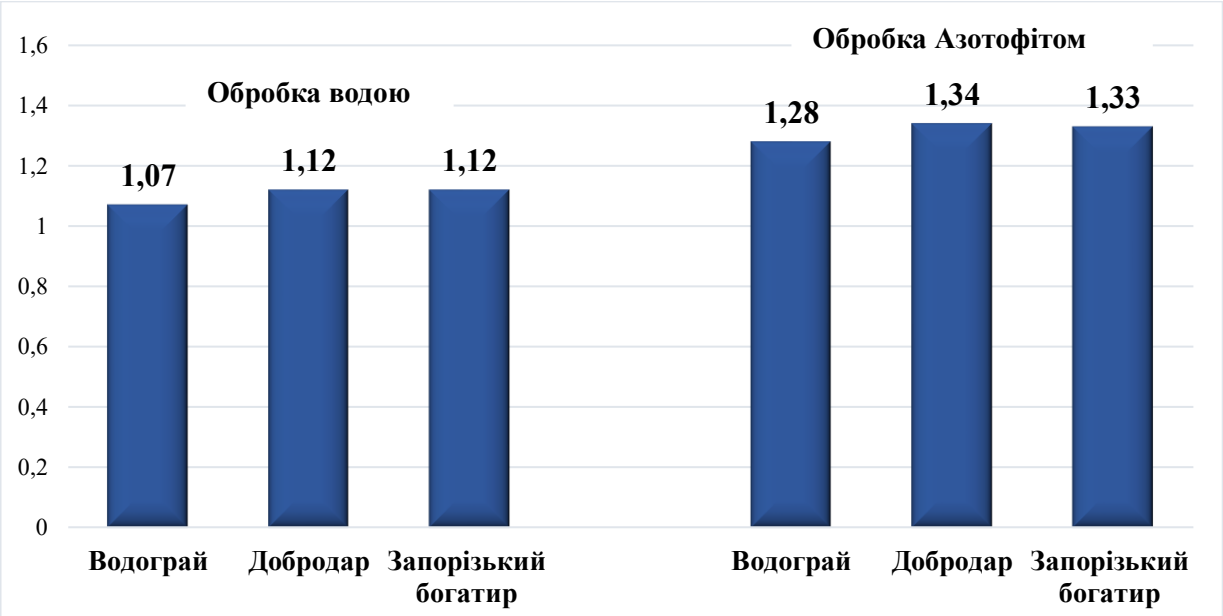


Рис. 5.2. Середньозважена врожайність насіння сортів льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.), т/га

Із досліджуваних сортів найбільш виражену позитивну реакцію на застосування запропонованої нами комплексної системи удобрення продемонстрували сорти Добродар та Запорізький богатир, дещо нижчі показники визначено для сорту Водограй. Застосування інтегрованого підходу до живлення, що поєднує мінеральні добрива, біологічні препарати та передпосівну обробку насіння, забезпечило достовірне підвищення

врожайності насіння льону олійного в умовах Південного Степу України. Це засвідчує ефективність впровадження ресурсоощадних технологій як адаптивного елементу підвищення продуктивності льону олійного в умовах кліматичних змін за обмеженого ресурсного забезпечення.

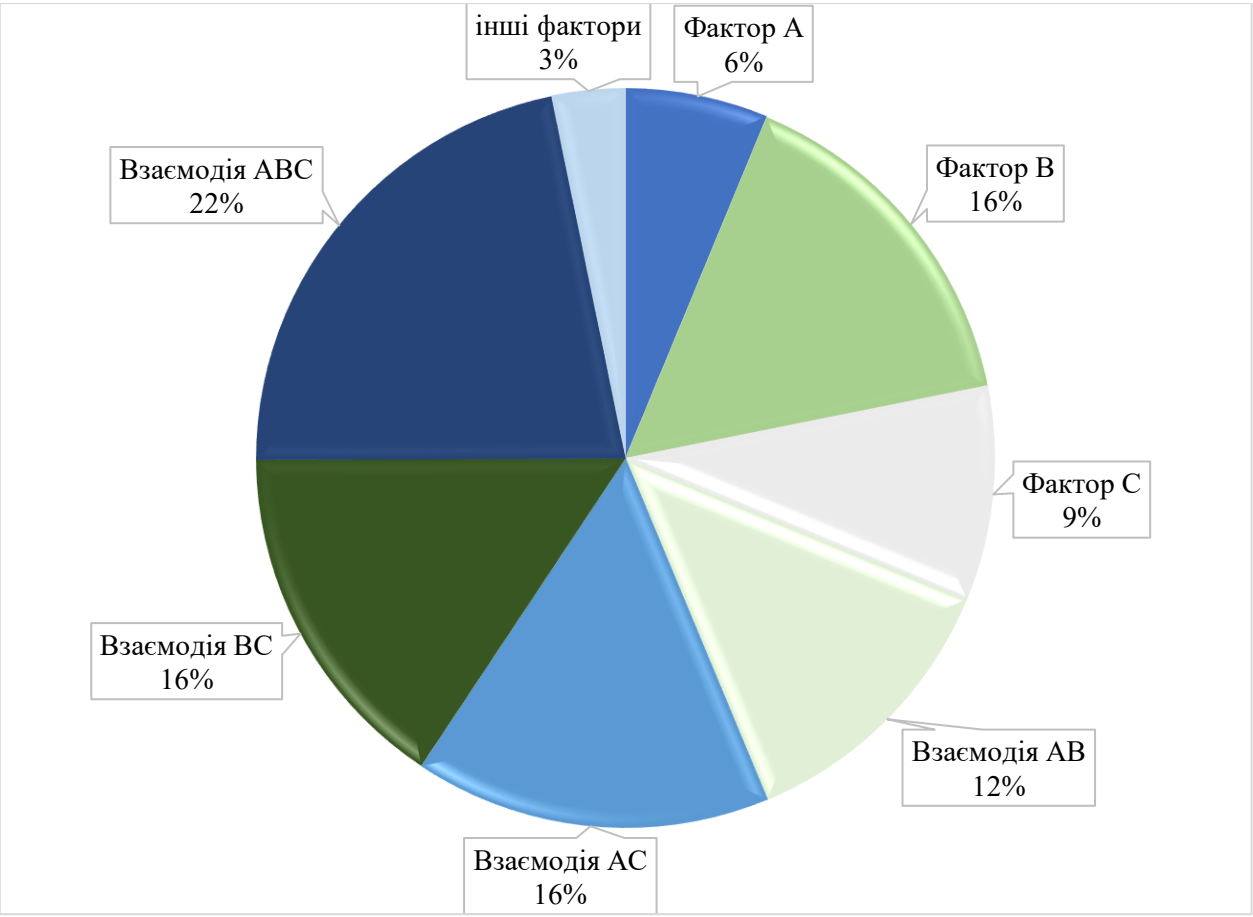


Рис. 5.3. Частка впливу факторів на врожайність насіння льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.), %

На рисунку 5.3 подано структуру частки впливу основних досліджуваних факторів і їхніх взаємодій у загальну варіабельність урожайності льону олійного за результатами вирощування упродовж 2022–2024 років. Рисунок ілюструє, що найбільшою мірою впливала трьохфакторна взаємодія АВС, на яку припадає 22 % загальної варіабельності врожаю. Вагомий внесок також забезпечили двофакторні взаємодії (АС і ВС по 16 % кожна), а вплив фактора В склав 16 %. Меншим, але все ж значущим впливом

визначено взаємодію факторів АВ (12 %), основний ефект фактора С склав 9 %, а фактора А – 6 %. Зазначені впливи факторів засвідчують практичну рівноцінність взятих на вирощування сортів льону олійного. На інші, невраховані у дослідженні фактори, припадає лише 3 % варіабельності.

Такий розподіл характеризує домінування у формуванні врожайності насіння льону олійного саме складних багатофакторних взаємодій, що є типовим для технологій вирощування більшості культур, коли одночасно вагомий вплив забезпечують елементи технології, генетичні та екологічні чинники. Зокрема, прослідковується істотне значення комплексного поєднання досліджуваних факторів, а не лише їх окремої частки. Це засвідчує необхідність інтегрованого підходу до оптимізації основних складових у технології вирощування льону олійного з урахуванням взаємодії між основними факторами.

5.2. Елементи структури та їх зміни за впливу факторів вирощування, які обумовлюють рівні урожайності

Льон олійний є перспективною і водночас складною культурою для зон ризикованого землеробства, зокрема Південного Степу України. В останні десятиріччя науковці все більше уваги приділяють питанням підвищення врожайності та якості продукції за рахунок оптимізації структури врожаю та вдосконалення системи живлення [79, 117].

Основні показники структури врожаю льону олійного формуються за впливу багатьох факторів, серед яких найбільш впливовими є: густота стояння рослин, кількість коробочок на рослині, кількість насінин у коробочці, маса 1000 насінин [45, 52, 55]. Дослідниками обґрунтовано, що саме зазначені вище параметри є найбільш чутливими до змін елементів технології, сортових особливостей і умов року вирощування.

Оптимізація живлення рослин, особливо з використанням комплексних мінеральних добрив у поєднанні з позакореневими підживленнями

біопрепаратами, дозволяє підвищити не лише врожайність, а і якість насіння [26, 31, 92]. За даними багатьох авторів, застосування добрив NPK, органічних препаратів, мікроелементів і біопрепаратів, таких як Азотофіт, позитивно впливає на кількість коробочок на рослині, масу 1000 насінин і вміст жиру в насінні [74, 114, 163].

Разом з тим, згідно даних І. Ф. Дрозда [18] та І. О. Полякової [117], вирішальне значення належить не лише умовам живлення, а й сортовим особливостям – сучасні сорти характеризуються вищим потенціалом продуктивності за оптимальних умов вирощування. Це підтверджують результати польових досліджень, у яких максимальні показники структури врожаю і вмісту олії визначили саме у варіантах комплексної системи живлення, включаючи передпосівну обробку насіння біопрепаратами [26].

Стабільно високі показники врожайності і якості, згідно з результатами досліджень в останні роки, формуються завдяки комплексному підходу до формування структури врожаю – від добору сорту до оптимізації живлення та регулювання густоти стояння рослин [79, 92]. При цьому важливо враховувати погодні чинники, особливо за умови кліматичних змін, які істотно впливають на елементи технології. Останні доцільно адаптувати до умов зони вирощування.

Загалом, огляд літератури свідчить, що підвищення врожайності та якості насіння льону олійного можливе завдяки впровадженню інтегрованих систем живлення, які поєднують застосування мінеральних добрив, позакореневих підживлень, добору біопрепаратів та найбільш адаптованих сортів. Подальші дослідження у цьому напрямку залишаються актуальними для підвищення стійкості льону олійного до стресових умов і загалом забезпечення конкурентоспроможності галузі. Це також дозволить частину площ з під соняшнику засівати нішевими культурами, до яких поки що відноситься і льон олійний [185].

У таблиці 5.2 наведено результати трирічних досліджень (2022–2024 рр.) щодо впливу різних варіантів живлення (фактор С) на формування кількості

коробочок у розрізі сортів льону олійного (фактор А) – Водограй, Добродар і Запорізький богатир. Показники визначали у середньому на одну рослину за обробки перед сівбою як водою, так і Азотофітом.

Таблиця 5.2

Кількість коробочок у розрізі сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), шт/рослині [73]

Варіант живлення (фактор С)	Сорт (фактор А)					
	Водограй		Добродар		Запорізький богатир	
	1	2	1	2	1	2
1.Контроль	6,77	6,93	6,67	6,81	6,81	7,01
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	9,03	9,17	8,90	9,06	9,03	9,22
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	9,61	9,87	9,35	9,58	9,82	9,98
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	10,12	10,22	9,98	10,07	10,34	10,43
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	10,01	10,45	9,65	10,05	9,73	9,77
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	8,28	8,44	8,07	8,26	8,97	9,08
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	11,09	11,29	10,70	10,93	10,26	10,34

Примітки:1– передпосівна обробка насіння водою (фактор В);
2 – передпосівна обробка насіння Азотофітом (фактор В)

Згідно з отриманими даними, найменшою кількість коробочок сформовано у контрольних варіантах без добрив і підживлень: у середньому 6,77–7,01 шт. на рослину залежно від сорту. Внесення лише мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечувало суттєве збільшення цього показника до 8,90–9,22 шт./рослині. Поєднання системи мінерального живлення із сучасними препаратами для позакореневого підживлення (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) призводило до подальшого зростання кількості коробочок. Максимальні значення визначено у варіанті комплексної оптимізації живлення

($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння), де кількість коробочок сягала 10,26–11,29 шт./рослині [73].

У всіх досліджуваних сортів проявлялася подібна тенденція щодо збільшення кількості коробочок відповідно поліпшенню та оптимізації живлення. Найбільший ефект від застосування добрив і підживлень визначено у сорту Водограй, де середня кількість коробочок за найбільш оптимального варіанта (7 варіант) досягала 11,09–11,29 шт./рослині. У сорту Добродар та Запорізький богатир ці показники були дещо нижчими, проте різниця між отриманими даними показника і сортами була незначною. Це свідчить про стабільну реакцію рослин усіх досліджуваних сортів на оптимізацію живлення.

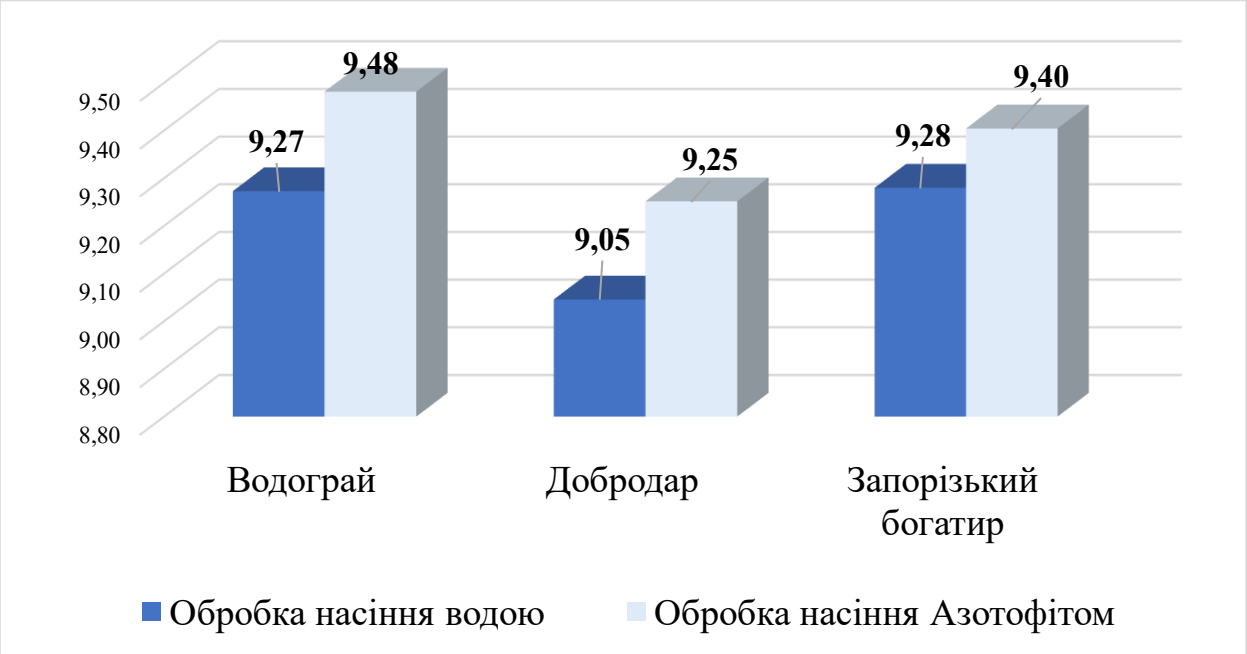


Рис. 5.4. Кількість коробочок у розрізі сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів
(середнє по варіантах за 2022–2024 рр.), шт/рослині [73]

Таким чином, результати таблиці підтверджують, що комплексна система живлення з використанням мінеральних добрив та сучасних

біопрепаратів для підживлення істотно впливає на кількість коробочок на рослині льону олійного незалежно від сорту, що є важливим у підвищенні врожайності насіння культури. На зазначений показник певною мірою впливала передпосівна обробка насіння Азотофітом порівняно з обробкою його водою (рис. 5.4).

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено дуже тісний зв'язок між кількістю коробочок на рослині та урожайністю сортів льону олійного (рис. 5.5).

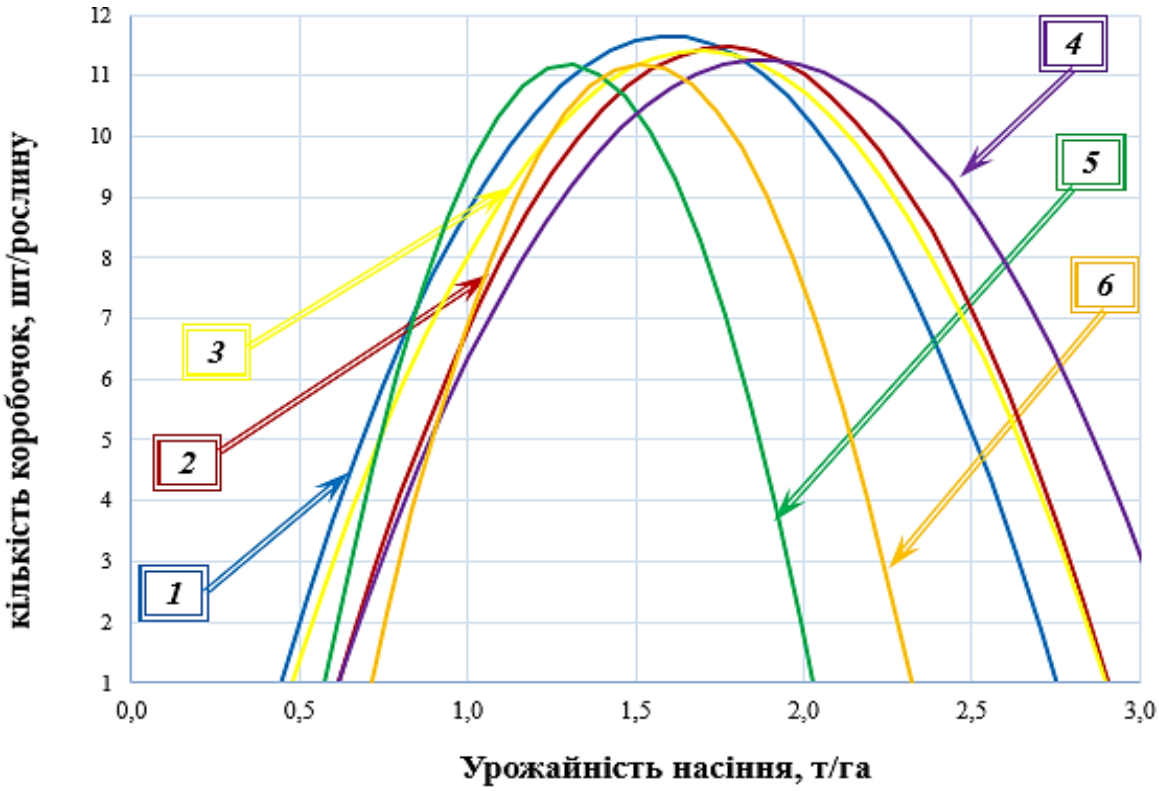


Рис. 5.5. Кореляційно-регресійна залежність між кількістю коробочок на рослині та врожайністю сортів льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.) [73]:

1. Сорт Водограй (за обробки насіння водою): $y = -8{,}0074x^2 + 25{,}6x - 8{,}8071$; $R^2 = 0{,}94$
2. Сорт Водограй (за обробки насіння Азотофітом): $y = -7{,}9786x^2 + 28{,}029x - 13{,}141$; $R^2 = 0{,}9223$
3. Сорт Добродар (за обробки насіння водою): $y = -7{,}1068x^2 + 23{,}922x - 8{,}7189$; $R^2 = 0{,}9309$
4. Сорт Добродар (за обробки насіння Азотофітом): $y = -6{,}4301x^2 + 24{,}066x - 11{,}251$; $R^2 = 0{,}924$
5. Сорт Запорізький богатир (за обробки насіння водою): $y = -17{,}479x^2 + 45{,}55x - 19{,}42$; $R^2 = 0{,}9751$
6. Сорт Запорізький богатир (за обробки насіння Азотофітом): $y = -14{,}38x^2 + 43{,}861x - 23{,}15$; $R^2 = 0{,}9593$

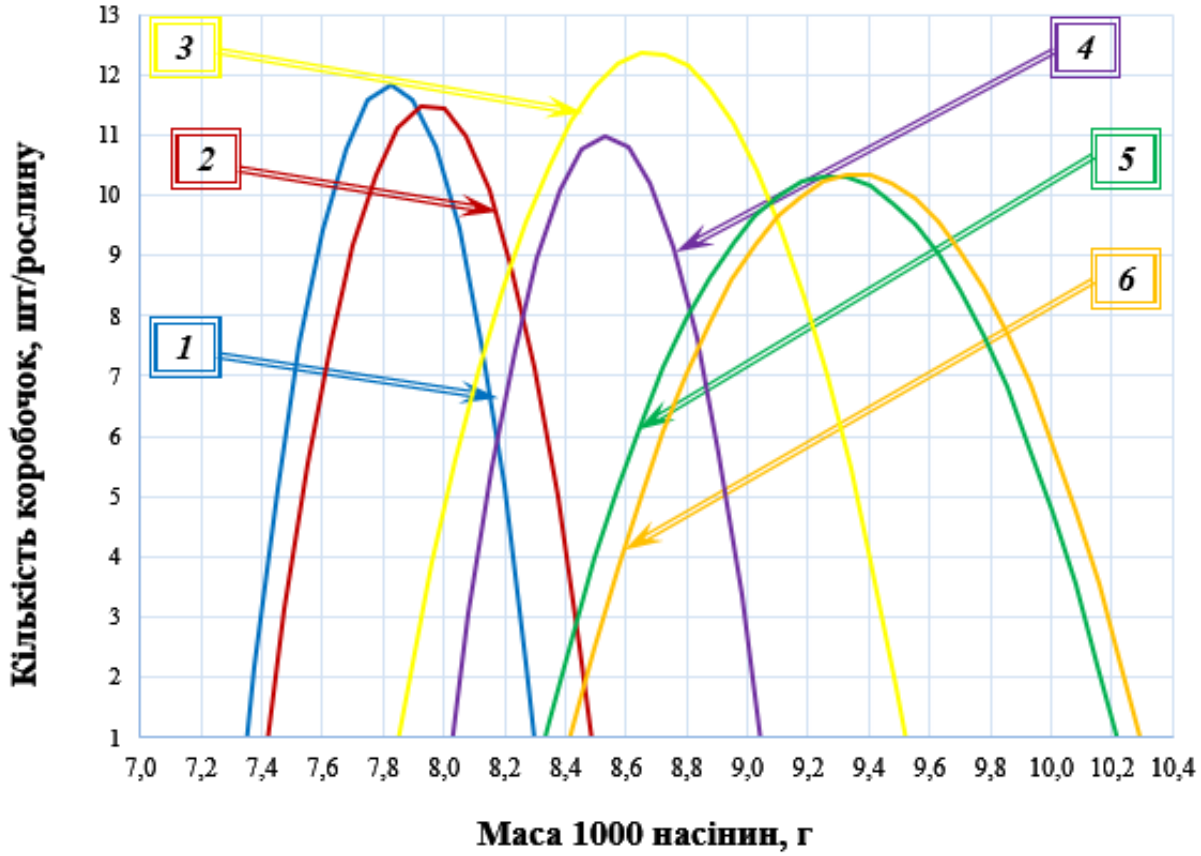


Рис. 5.6. Кореляційно-регресійна залежність між кількістю коробочок на рослині та масою 1000 насінин сортів льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.):

1. Сорт Водограй (за обробки насіння водою): $y = -48x^2 + 751{,}2x - 2927{,}2$; $R^2 = 0{,}806$
2. Сорт Водограй (за обробки насіння Азотофітом): $y = -36{,}833x^2 + 585{,}85x - 2318$; $R^2 = 0{,}8685$
3. Сорт Добродар (за обробки насіння водою): $y = -16{,}203x^2 + 281{,}43x - 1209{,}7$; $R^2 = 0{,}8915$
4. Сорт Добродар (за обробки насіння Азотофітом): $y = -38{,}667x^2 + 659{,}57x - 2801{,}7$; $R^2 = 0{,}8761$
5. Сорт Запорізький богатир (за обробки насіння водою): $y = -10{,}488x^2 + 194{,}57x - 892{,}03$; $R^2 = 0{,}9298$
6. Сорт Запорізький богатир (за обробки насіння Азотофітом): $y = -10{,}619x^2 + 198{,}71x - 919{,}24$; $R^2 = 0{,}9149$

Рисунок 5.6 ілюструє кореляційно-регресійну залежність між кількістю коробочок на рослині та масою 1000 насінин у досліджуваних сортів льону олійного (Водограй, Добродар, Запорізький богатир) за різних способів передпосівної обробки насіння (водою і Азотофітом) у середньому за 2022–2024 рр. Згідно зі шкалою Чеддока, отримані коефіцієнти детермінації (R^2) для кореляційно-регресійних залежностей між кількістю коробочок на рослині та масою 1000 насінин сортів льону олійного свідчать про сильний або дуже

сильний зв’язок між цими показниками. Зокрема, для сорту Водограй, як за обробки насіння водою (R^2 = 0,806), так і Азотофітом (R^2 = 0,8685), встановлено сильний зв’язок. Для сорту Добродар ці показники склали R^2 = 0,8915–0,8761. Найвищу тісноту зв’язку визначено у сорту Запорізький богатир, де коефіцієнт детермінації визначено на рівні 0,9298–0,9149, що за шкалою Чеддока відповідає дуже сильному зв’язку.

Таким чином, можна стверджувати, що між кількістю коробочок на рослині та масою 1000 насінин існує суттєвий, переважно сильний або дуже сильний кореляційний зв’язок, незалежно від сорту чи застосованої системи передпосівної обробки насіння. Це підтверджує важливу роль структурних елементів урожаю у формуванні показників якості насіння льону олійного.

З аналогічною залежністю змінювалася і кількість насінин у коробочці, що також обумовлює рівень урожайності. Цей показник за результатами наших досліджень змінювався залежно від сортових особливостей льону олійного, оптимізації живлення, передпосівної обробки насіння та погодно-кліматичних умов року вирощування.

Слід зазначити, що кількість насінин у коробочці за впливу досліджуваних факторів істотно змінювалася. Це є обґрунтованим та прийнятним, адже кількість насінин у коробочці може свідчити про ступінь запліднення квіток, якість пилку, а також характеризувати стійкість культури до стресових факторів (посуха, хвороби, дефіцит елементів живлення тощо).

Зазначимо також, що кількість насінин у коробочці досліджуваних сортів льону олійного у контрольних варіантах коливалася від 6,83 до 8.04 шт. Цей показник не мав чіткої залежності з кількістю сформованих коробочок на рослині. Більш істотно він залежав від дібраного для вирощування сорту. Так, за варіантами досліду та роками досліджень у сорту Водограй кількість насінин у коробочці коливалася у межах 7,31–7,57, сорту Добродар –7,19–7,92, а сорту Запорізький богатир – 7,11–7,56 шт. Цей досліджуваний показник не значно збільшувався за передпосівної обробки насіння Азотофітом порівняно з обробкою його водою.

За впливу досліджуваних факторів, що взяті нами на вивчення, змінювався і важливий показник структури врожаю, як маса 1000 насінин, визначення якого обумовлює не лише якість льону олійного, а і загалом всіх сільськогосподарських рослин.

Встановлено, що маса 1000 насінин льону олійного значною мірою залежить як від сортових особливостей, так і від застосування різних елементів технології, зокрема системи живлення та способу передпосівної обробки насіння. Цей показник частково змінюється і за впливу кліматичних умов року вирощування.

Найменші показники маси 1000 насінин нами визначено у сорту Водограй, де у контролі він становив 7,5 г за обробки насіння водою та 7,6 г за використання для цього Азотофіту (табл. 5.3). Застосування мінерального живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$, сучасних препаратів та їх поєднання сприяло незначному збільшенню цього показника – до 7,6–7,8 г залежно від заходу обробки насіння.

Таблиця 5.3

Маса 1000 насінин сортів льону олійного залежно від факторів вирощування (середнє за 2022–2024 рр.), г [70]

Варіант живлення (фактор С)	Сорт (фактор А)					
	Водограй		Добродар		Запорізький богатир	
	1	2	1	2	1	2
1.Контроль	7,5	7,6	8,1	8,2	8,7	8,8
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	7,6	7,7	8,2	8,3	8,9	9,0
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	7,6	7,7	8,3	8,3	9,0	9,1
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	7,6	7,8	8,3	8,4	9,1	9,2
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	7,6	7,8	8,3	8,4	9,1	9,2
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	7,6	7,7	9,2	8,3	9,0	9,1
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	7,7	7,8	8,3	8,4	9,2	9,4

Примітки:1– передпосівна обробка насіння водою (фактор В);

2 – передпосівна обробка насіння Азотофітом (фактор В)

У сорту Добродар визначили дещо вищий рівень маси 1000 насінин: у контролі – 8,1 г (обробка водою) та 8,2 г (Азотофітом). Внесення добрив у різних комбінаціях, включаючи позакореневі підживлення взятими на дослідження препаратами, сприяло зростанню цього показника до 8,3–8,4 г. Особливо виражений ефект визначено у варіанті з оптимізацією живлення, що передбачає поєднання всіх досліджуваних елементів (мінеральних добрив та сучасних препаратів, як для проведення позакореневих підживлень, так і передпосівної обробки насіння).

Найбільшою маса 1000 насінин визначена у сорту Запорізький богатир, для якого у контролі цей показник складав 8,7–8,8 г, а за застосування елементів оптимізації живлення він зріс до до 9,0–9,4 г. Наведені показники маси 1000 насінин за сортами узгоджуються та визначаються біологічними особливостями взятих на дослідження і вирощування сортів льону олійного.

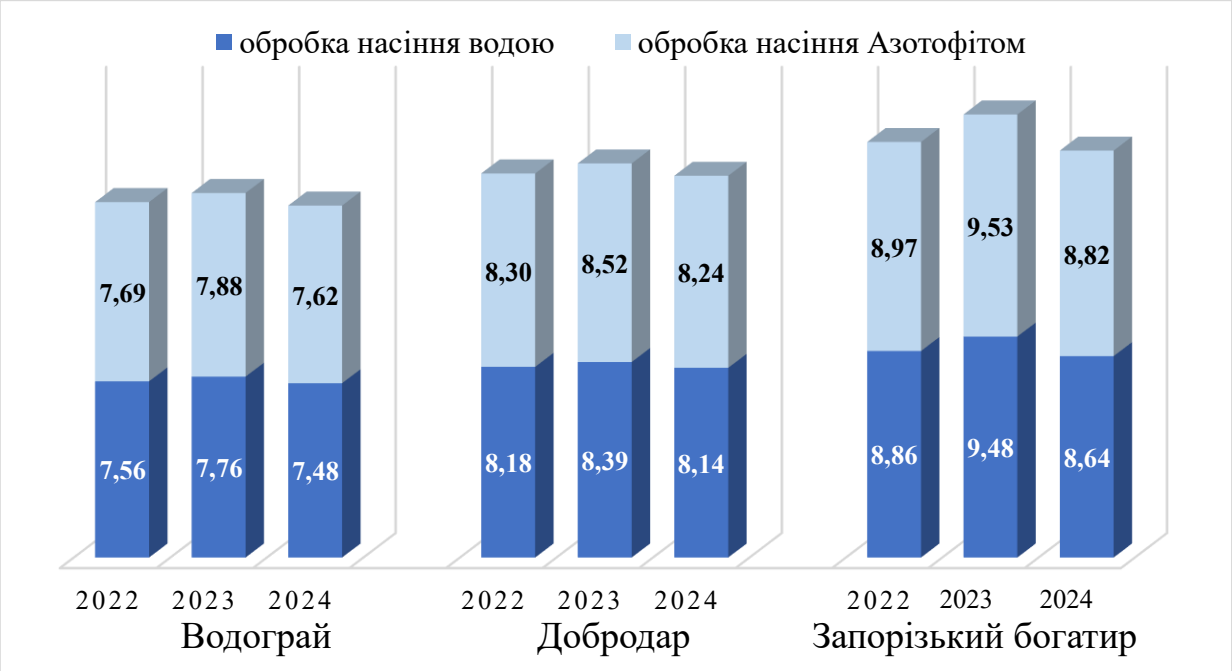


Рис. 5.7. Маса 1000 насінин сортів льону олійного у роки вирощування за впливу факторів (середнє за варіантами досліду), г [70]

Загалом аналіз наведених нами даних за результатами досліджень і визначень свідчить, що всі сорти позитивно реагують на покращення умов

живлення та передпосівну обробку насіння Азотофітом. Однак сортовим особливостям належить істотний вплив на значення маси 1000 насінин у тому числі і у розрізі досліджуваних варіантів.

Також нами визначено відносно значний вплив на масу 1000 насінин погодно-кліматичних умов року вирощування (рис. 5.7).

Значення оптимізації живлення та передпосівної обробки насіння Азотофітом простежували не залежно від кліматичних чинників у всі роки вирощування та для всіх досліджуваних сортів. Так, у середньому за роками досліджень використання для передпосівної обробки насіння Азотофітом сприяло збільшенню маси 1000 насінин на 0,13–0,14 г порівняно з контролем, незалежно від сорту. Це свідчить про позитивний вплив запропонованих нами елементів технології на якість насіння льону олійного та доцільність його використання у технології вирощування культури.

5.3. Вплив досліджуваних факторів та років вирощування на вміст жиру в насінні льону олійного та умовний вихід олії з одиниці площі

Льон олійний є цінною олійною культурою, у насінні якої міститься високий вміст жиру, білка та біологічно активних речовин. Якість насіння визначається багатьма показниками, із яких найважливішими є вміст жиру, білка, ліноленової кислоти, а також маса 1000 насінин, схожість та енергія проростання.

Сортова специфіка льону олійного зумовлює характерний для конкретного сорту рівень вмісту олії, білка, ліноленової кислоти, масу 1000 насінин, технологічну та посівні якості насіння. Сорти сучасної селекції вирізняються підвищеним вмістом жиру (43–48% і більше), вищу врожайність і підвищену стійкість до хвороб. Саме генетичний потенціал сорту визначає ступінь реалізації елементів технології. Сортова пластичність проявляється у здатності реалізувати потенціал якості насіння як в умовах посухи, так і за надмірного зволоження. Адаптовані до умов зони вирощування сорти здатні

формувати сталі рівні врожайності насіння і вмісту в ньому олії навіть у несприятливі кліматичні роки [52, 79, 117, 200].

Використання мінеральних добрив, особливо комплексних (NPK), позитивно впливає на рівні урожайності та якості насіння льону олійного. За даними досліджень, внесення оптимальних доз азоту, фосфору та калію сприяє підвищенню вмісту жиру та білка у насінні, показників маси 1000 насінин, а також збільшує умовний вихід олії з одиниці площі [16, 45, 226]. Крім того, як зазначають дослідники, додаткове застосування мікроелементів (B, Zn, Fe) підвищує вміст у насінні поліненасичених жирних кислот, зокрема α-ліноленової, і сприяє підвищенню стійкості рослин до стресів [6, 193, 220].

Обробка насіння біопрепаратами та мікроелементами є ефективним заходом підвищення якості насіння, посівного матеріалу та рівнів урожайності. Зокрема, застосування біопрепаратів на основі *Azotobacter, Bacillus, Pseudomonas*, а також гуматів і комплексів мікроелементів, підвищує схожість, енергію проростання, накопичення біомаси, а також вміст жиру у насінні. Встановлено, що передпосівна обробка насіння бором забезпечує посилений ріст і розвиток рослин, покращує процеси запліднення і, відповідно, формування якості насіння [164, 178].

Позакореневі підживлення сучасними комплексами добрив (мікроелементи, гумінові речовини, амінокислоти) під час вегетації рослин льону олійного дозволяють додатково підвищувати якість вирощеного насіння. Застосування бору, цинку, марганцю, а також комплексних препаратів у фазу бутонізації чи цвітіння підвищує вміст жиру на 0,3–0,7% та білка на 0,2–0,5% порівняно з контролем. Дослідження авторів засвідчують, що такі заходи є особливо ефективними за дефіциту вологи та зниження засвоєння елементів живлення із ґрунту [26, 55].

Інтегроване застосування мінеральних добрив, біопрепаратів, мікроелементів для обробки насіння та позакореневого підживлення є найбільш ефективним щодо підвищення показників якості насіння льону

олійного. Такі підходи дозволяють підвищити врожайність, вміст жиру, білка, маси 1000 насінин та покращити посівні якості насіння [31, 120].

У таблиці 5.4 наведено результати трирічних польових досліджень щодо впливу елементів технології, що взяті на вивчення, на вміст жиру в насінні трьох сортів льону олійного – Водограй, Добродар і Запорізький богатир. За отриманими результатами визначено, що у всіх досліджуваних сортів простежується чітка тенденція до підвищення вмісту жиру в насінні від застосування комплексного підходу до живлення порівняно з контролем. Зокрема, у сорту Водограй у насіння контрольного варіанту середній вміст жиру за три роки становив 47,8–47,9%, тоді як внесення мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечувало зростання цього показника до 48,2–48,3%. Проведення позакореневих підживлень сучасними препаратами сприяло подальшому підвищенню вмісту жиру, і у найбільш оптимальному варіанті, а саме $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс у фазу 4-6 листків + Органік баланс + Боропті на початку бутонізації + Азотофіт на початку наливу насіння він сягав 49,3–49,4%, що було максимальним показником. Аналогічну тенденцію спостерігали і за проведення передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт, де вміст жиру був дещо вищим порівняно з варіантом обробки водою.

У насіння сорту Добродар середній вміст жиру у контролі склав 48,0–48,2% залежно від обробки насіння. Мінеральне живлення у поєднанні з позакореневими підживленнями сучасними препаратами забезпечувало збільшення цього показника до 49,0–49,5%. Найвищими значення вмісту жиру визначено у насіння варіанту із застосуванням комплексного живлення – до 49,4–49,5%. Обробка насіння Азотофітом посилювала позитивний вплив живлення, збільшуючи вміст жиру у насінні.

Для сорту Запорізький богатир у насінні контрольного варіанту середній вміст жиру за три роки склав 48,1–48,2%, а внесення мінерального добрива разом з підживленням препаратами сприяло поступовому зростанню вмісту жиру за максимальних показників (49,5–49,6%) у варіанті поєднання усіх досліджуваних елементів технології.

Таблиця 5.4

Вміст жиру в насінні сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів, %

Варіант живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)							
	Обробка водою				Обробка Азотофітом			
	2022	2023	2024	2022-2024	2022	2023	2024	2022-2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сорт Водограй (фактор А)								
1.Контроль	47,9	47,4	48,0	47,8	48,1	47,6	48,1	47,9
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	48,4	47,8	48,4	48,2	48,6	47,9	48,4	48,3
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	48,7	48,1	48,8	48,5	48,9	48,3	48,9	48,7
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	48,9	48,4	49,1	48,8	49,2	48,5	49,2	49,0
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	49,3	48,9	49,4	49,2	49,4	49,1	49,5	49,3
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	48,9	48,6	48,9	48,8	49,0	48,8	49,0	48,9
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	49,4	49,0	49,5	49,3	49,6	49,2	49,5	49,4
Сорт Добродар (фактор А)								
1.Контроль	48,1	47,8	48,2	48,0	48,2	47,9	48,4	48,2
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	48,5	48,2	48,5	48,4	48,7	48,4	48,7	48,6
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	48,9	48,3	48,9	48,7	49,1	48,5	49,2	48,9
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	49,0	48,7	49,1	48,9	49,2	48,8	49,3	49,1
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	49,3	49,0	49,4	49,2	49,4	49,1	49,5	49,3
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	49,0	48,8	49,1	49,0	49,1	48,9	49,2	49,1
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	49,5	49,1	49,6	49,4	49,6	49,2	49,7	49,5
Сорт Запорізький богатир (фактор А)								

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Контроль	48,2	47,9	48,3	48,1	48,3	48,0	48,4	48,2
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	48,5	48,3	48,7	48,5	48,6	48,5	48,8	48,6
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	49,0	48,7	49,1	48,9	49,1	48,5	49,2	48,9
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	49,1	48,8	49,1	49,0	49,3	48,9	49,2	49,1
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	49,3	49,0	49,4	49,2	49,4	49,2	49,5	49,4
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	49,1	48,9	49,0	49,0	49,2	49,0	49,3	49,2
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	49,6	49,2	49,6	49,5	49,7	49,3	49,7	49,6
$НІР_{05}$, %								
2022 рік	за фактором А – 0,07; за фактором В – 0,09; за фактором С – 0,09; за взаємодією факторів АВ – 0,10; за взаємодією факторів АС – 0,11; за взаємодією факторів ВС – 0,10; за взаємодією факторів АВС – 0,12							
2023 рік	за фактором А – 0,08; за фактором В – 0,09; за фактором С – 0,08; за взаємодією факторів АВ – 0,11; за взаємодією факторів АС – 0,10; за взаємодією факторів ВС – 0,11; за взаємодією факторів АВС – 0,13							
2024 рік	за фактором А – 0,03; за фактором В – 0,06; за фактором С – 0,04; за взаємодією факторів АВ – 0,06; за взаємодією факторів АС – 0,06; за взаємодією факторів ВС – 0,07; за взаємодією факторів АВС – 0,09							

Загалом, отримані результати наших досліджень свідчать про суттєвий вплив як варіанта живлення, так і передпосівної обробки насіння на збільшення кількості жиру в насінні льону олійного незалежно від сорту та року вирощування. Найбільший приріст цього показника визначили за комплексного поєднання факторів: застосування мінеральних добрив, сучасних препаратів для підживлення, та біопрепарату Азотофіт для передпосівної обробки насіння. У середньому, використання такого підходу забезпечувало збільшення вмісту жиру на 1,2–1,6% порівняно з контролем.

Слід зазначити, що наведена оптимізація живлення більш ефективно проявлялася за проведення передпосівної обробки насіння Азотофітом. Згідно з наведеними даними (рис. 5.8), тенденцію збільшення вмісту жиру в насінні

льону олійного визначено для всіх досліджуваних сортів стосовно проведення обробки насіння водою.

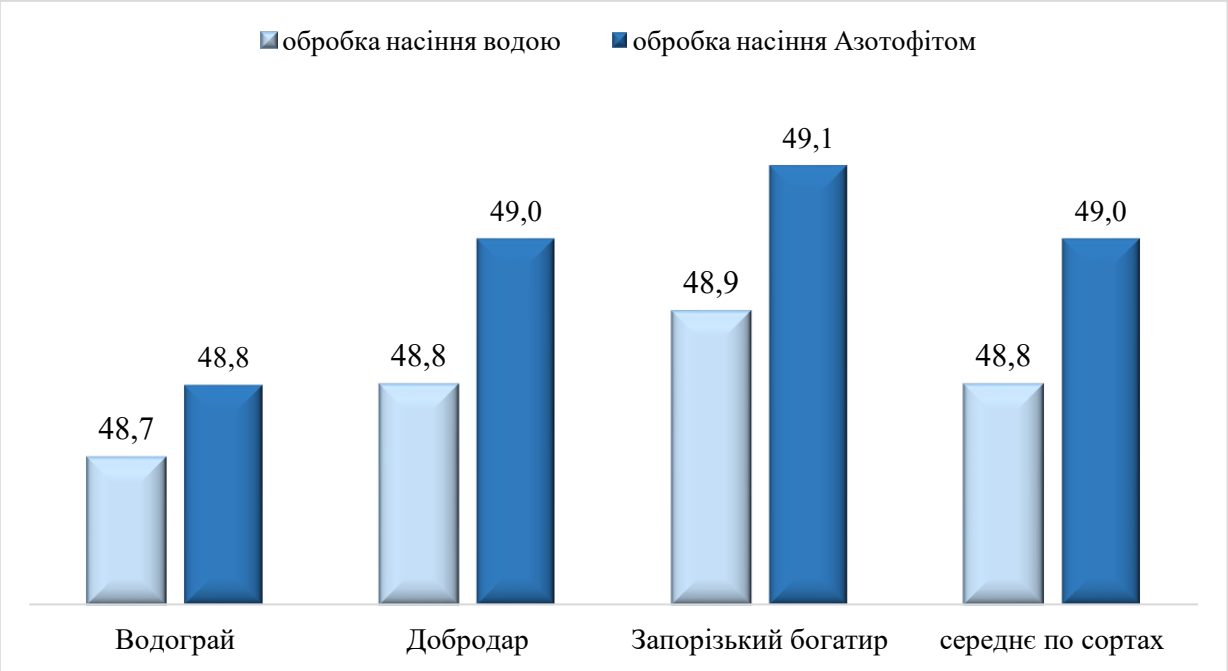


Рис. 5.8. Вміст жиру в насінні сортів льону олійного у середньому по варіантах досліду за впливу передпосівної обробки насіння (середнє за 2022–2024 рр.), %

Так, у сорту Водограй середній вміст жиру за обробки насіння водою становив 48,7%, тоді як за обробки Азотофітом цей показник підвищувався до 48,8%. Аналогічну тенденцію визначено і у сорту Добродар – 48,8% та 49,0% відповідно, а також у сорту Запорізький богатир, де значення зростали з 48,9% до 49,1%. У середньому по всіх сортах різниця між варіантами передпосівної обробки насіння складала 0,2% на користь проведення її Азотофітом.

Таким чином, отримані нами результати свідчать про доцільність ресурсоощадної оптимізації живлення із застосуванням сучасних препаратів, як для позакореневих підживлень, так і передпосівної обробки насіння. Це дозволяє не лише оптимізувати один із найважливіших елементів технології вирощування льону олійного, а й отримати насіння з підвищеним вмістом цінної олії, що є особливо актуальним з огляду на посилення вимог до якості сировини для харчової та переробної промисловостей.

Вміст жиру в насінні льону необхідно визначати для подальшого розрахунку умовного збору олії з одиниці площі. Цей показник є дуже важливим і залежить як від вмісту жиру, так і врожайності насіння, сформованого за впливу факторів вирощування.

Ми визначили кореляційно-регресійну залежність між урожайністю насіння та вмістом в ньому жиру у розрізі сортів за впливу досліджуваних факторів (рис. 5.9) в середньому за роки вирощування. Коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока засвідчує сильний зв'язок між цими показниками.

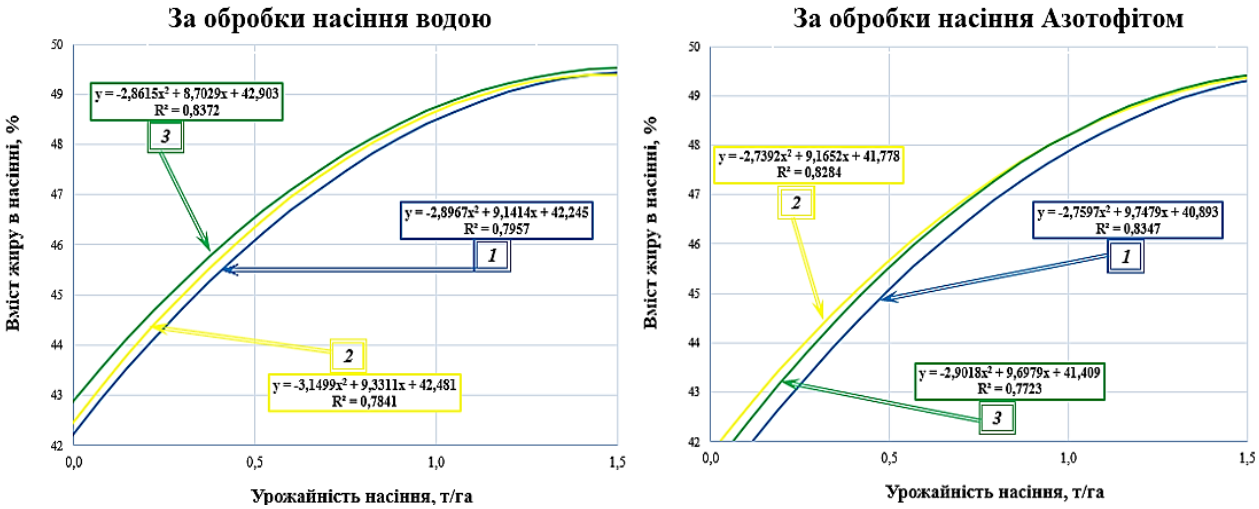


Рис. 5.9. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом жиру в насінні та врожайністю сортів льону олійного за впливу факторів вирощування (середнє за 2022–2024 рр.):

1. Водограй
2. Добродар
3. Запорізький богатир

Вплив погодно-кліматичних умов року вирощування на залежність між вмістом жиру в насінні та рівнем урожайності ми визначили на прикладі сорту Добродар (рис. 5.10). Тіснота зв’язку за роками вирощування та залежно від обробки насіння перед сівбою коливалася у межах від значного до дуже сильного, про що свідчать визначені коефіцієнти детермінації R^2 = 0,6783 – 0,936.

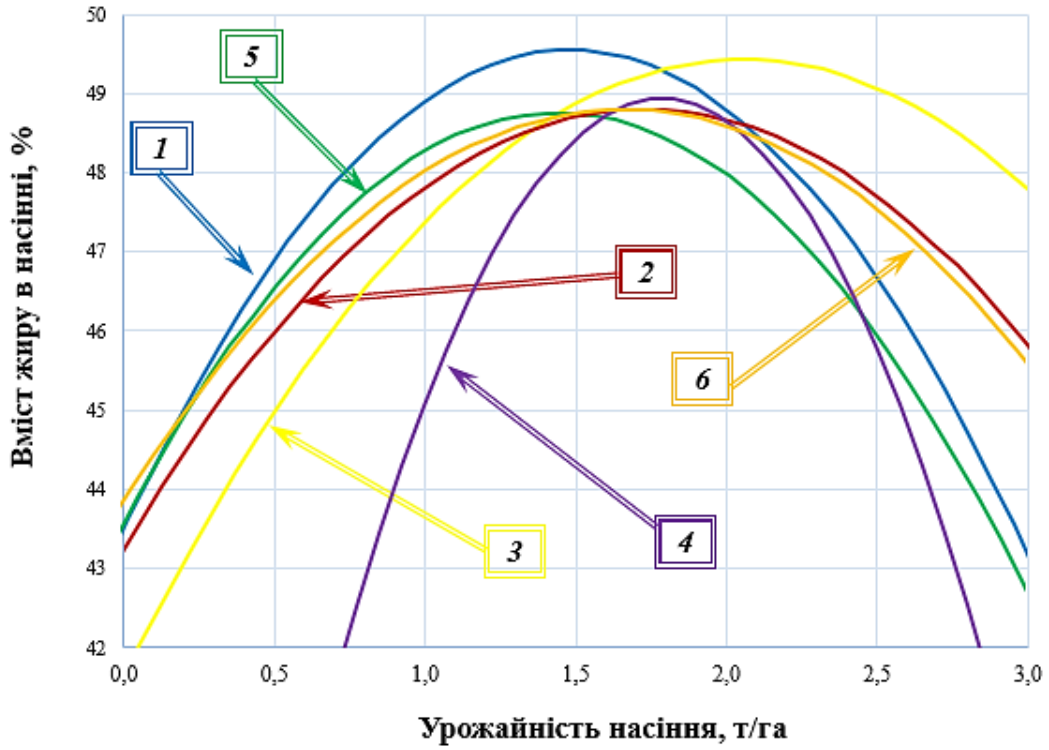


Рис. 5.10. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом жиру в насінні та врожайністю сорту льону олійного Добродар за впливу факторів у роки вирощування:

1. За обробки насіння водою (2022р.): $y = -2{,}7676x^2 + 8{,}191x + 43{,}488$; $R^2 = 0{,}8728$
2. За обробки насіння Азотофітом (2022р.): $y = -2{,}0852x^2 + 7{,}1907x + 43{,}481$; $R^2 = 0{,}936$
3. За обробки насіння водою (2023р.): $y = -1{,}8422x^2 + 7{,}5719x + 41{,}676$; $R^2 = 0{,}6783$
4. За обробки насіння Азотофітом (2023р.): $y = -6{,}229x^2 + 22{,}403x + 28{,}825$; $R^2 = 0{,}711$
5. За обробки насіння водою (2024р.): $y = -2{,}8129x^2 + 8{,}1347x + 43{,}772$; $R^2 = 0{,}8127$
6. За обробки насіння Азотофітом (2024р.): $y = -2{,}0196x^2 + 6{,}7332x + 44{,}0914$ $R^2 = 0{,}8705$

Ми визначили умовний вихід (збір) олії з насіння льону олійного за варіантами досліду та сортами (табл. 5.5). За результатами дослідження встановлено, що поєднання мінеральних добрив, сучасних препаратів для підживлення та проведення передпосівної обробки насіння суттєво збільшувало умовний збір олії порівняно з контрольними варіантами у всіх досліджуваних сортів. Найнижчими показники умовного збору олії визначено у контрольних варіантах (без добрив за передпосівної обробки насіння водою) – у середньому за три роки цей показник коливався від 0,39 т/га (сорт Водограй) до 0,42 т/га (Добродар) та 0,41 т/га (Запорізький богатир).

Таблиця 5.5

Умовний вихід (збір) олії з насіння льону олійного за впливу досліджуваних факторів, т/га

Варіант живлення (фактор С)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)							
	Обробка водою				Обробка Азотофітом			
	2022	2023	2024	2022-2024	2022	2023	2024	2022-2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сорт Водограй (фактор А)								
1.Контроль	0,34	0,51	0,32	0,39	0,40	0,64	0,39	0,48
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,42	0,61	0,40	0,48	0,51	0,73	0,48	0,57
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,45	0,63	0,44	0,51	0,55	0,76	0,53	0,61
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,54	0,71	0,53	0,60	0,64	0,86	0,64	0,72
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,51	0,68	0,50	0,57	0,62	0,82	0,60	0,68
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,45	0,61	0,41	0,49	0,53	0,74	0,49	0,59
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,58	0,74	0,56	0,63	0,70	0,83	0,68	0,74
Сорт Добродар (фактор А)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Контроль	0,36	0,54	0,35	0,42	0,42	0,66	0,42	0,50
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,45	0,64	0,42	0,50	0,53	0,76	0,51	0,60
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,48	0,66	0,47	0,54	0,57	0,79	0,56	0,64
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,57	0,73	0,55	0,62	0,66	0,90	0,67	0,75
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,54	0,70	0,53	0,59	0,65	0,84	0,63	0,70
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,49	0,63	0,44	0,52	0,56	0,76	0,53	0,62
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,61	0,77	0,59	0,66	0,73	0,86	0,73	0,77

Продовження таблиці 5.5

Сорт Запорізький богатир (фактор А)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Контроль	0,36	0,55	0,34	0,41	0,43	0,67	0,41	0,51
2.$N_{15}P_{15}K_{15}$	0,45	0,64	0,42	0,50	0,53	0,76	0,50	0,60
3.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	0,48	0,67	0,47	0,54	0,57	0,80	0,57	0,65
4.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	0,56	0,74	0,55	0,62	0,67	0,89	0,66	0,74
5.$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	0,54	0,70	0,52	0,59	0,64	0,84	0,63	0,71
6.Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,48	0,64	0,43	0,51	0,57	0,76	0,53	0,62
7. $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	0,61	0,77	0,59	0,65	0,73	0,86	0,71	0,76

Внесення комплексного мінерального добрива ($N_{15}P_{15}K_{15}$) зумовило приріст збору олії до 0,48–0,50 т/га, залежно від сорту, а додаткове проведення позакореневих підживлень Органік баланс у фазу 4-6 листків (ялинки) забезпечувало подальше збільшення – до 0,51–0,54 т/га. Поєднання мінерального добрива з позакореневим підживленням Органік балансом та Боропті у фазу бутогнізації ще істотніше збільшувало умовний вихід олії, забезпечуючи середньорічний збір на рівні 0,60–0,62 т/га за обробки насіння водою та 0,72–0,75 т/га – Азотофітом.

Найвищим умовний збір олії нами визначено у варіантах із застосуванням поєднання у системі живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті + Азотофіт), варіант 7, у якому середньорічний збір за три роки становив 0,63–0,66 т/га за передпосівної обробки водою та 0,74–0,77 т/га за обробки Азотофітом. Найвищі значення цього показника забезпечували сорти Добродар і Запорізький богатир, які формували стабільно вищі рівні продуктивності за виходом олії порівняно з сортом Водограй (рис. 5.11).

Застосування біопрепарату Азотофіт для передпосівної обробки насіння сприяло істотному підвищенню умовного виходу олії у всіх сортів і варіантах

досліду, забезпечуючи приріст в межах 0,08–0,13 т/га порівняно з передпосівною обробкою насіння водою, що чітко ілюструє рис. 5.12.

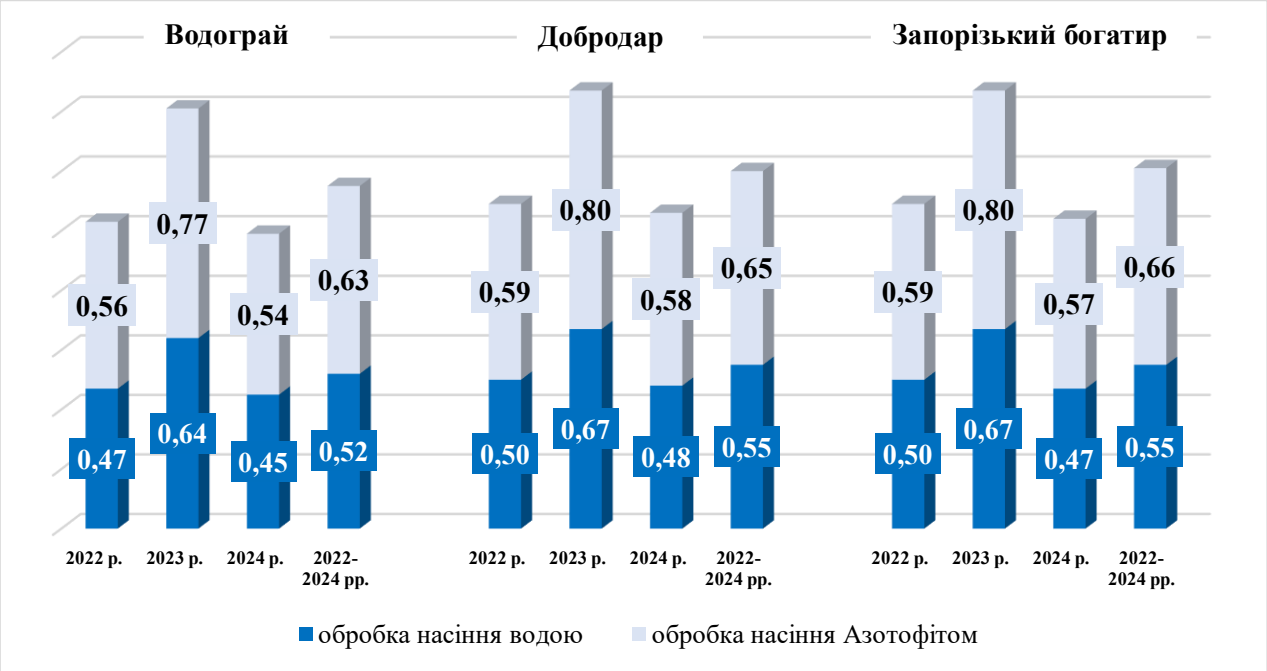


Рис. 5.11. Умовний збір олії з насіння сортів льону олійного з одиниці площі у роки вирощування (середнє за варіантами досліду), т/га

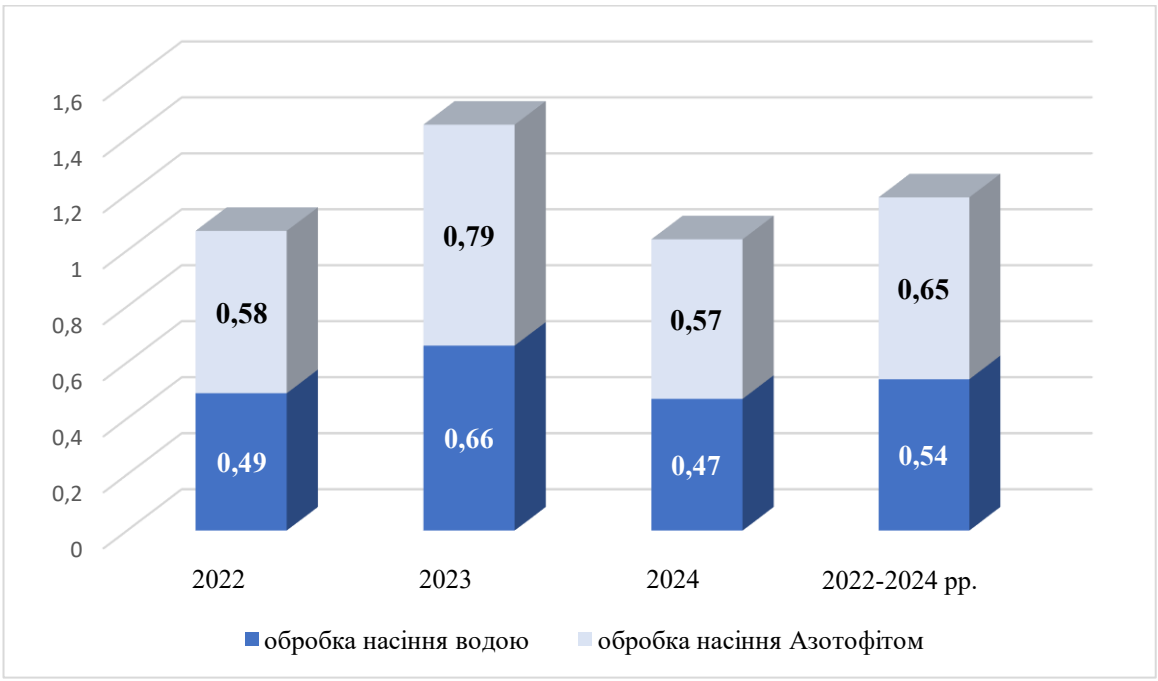


Рис. 5.12. Умовний вихід (збір) олії з насіння льону олійного в середньому по сортах та варіантах досліду у роки вирощування, т/га

Таким чином, за результатами досліджень підтверджено ефективність застосування запропонованої нами комплексної системи живлення, яка передбачає використання мінеральних добрив, сучасних препаратів для позакореневих підживлень та передпосівної обробки насіння Азотофітом. Запропоновані елементи технології дозволяють отримати сталі рівні врожаїв льону олійного з підвищеним вмістом жиру в насінні та умовному зборі олії з гектару, що має важливе практичне значення для агровиробників у зоні Південного Степу України.

Висновки за розділом 5:

У результаті проведених досліджень з трьома сортами льону олійного встановлено, що в умовах Південного Степу України застосування для передпосівної обробки насіння біопрепарату Азотофіт 1,0 л/т забезпечує формування вищих рівнів урожайності насіння порівняно з обробкою його водою. У середньому за роки досліджень максимальну врожайність насіння льону олійного сформував сорт Добродар – 1,56 т/га, Запорізький богатир – 1,54 та Водограй – 1,49 т/га. Таких рівнів урожайності досягнуто за поєднання обробки насіння перед сівбою Азотофітом 1,0 л/т та застосування ресурсоощадного живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків та на початку бутонізації) + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння).

За результатами досліджень встановлено, що найменша кількість коробочок на рослині формувалася у контрольних варіантах без використання добрив і підживлень, незалежно від сорту льону олійного. Застосування мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ суттєво збільшувало цей показник, а максимальної кількості коробочок було досягнуто за комплексної оптимізації живлення із використанням мінеральних добрив і сучасних препаратів для позакореневого підживлення (Органік баланс, Боропті, Азотофіт). Подібна

позитивна реакція на оптимізацію живлення проявлялася у всіх досліджуваних сортів.

Передпосівна обробка насіння Азотофітом також сприяла зростанню кількості коробочок і насінин у коробочці. Кількість насінин у коробочці змінювалася залежно від сорту, системи живлення, передпосівної обробки та погодних умов року, проте найбільш суттєвий вплив проявляв саме сорт. У контрольних варіантах цей показник становив 6,83–8,04 насінин у коробочці, а за впливу оптимізації живлення і передпосівної обробки насіння Азотофітом він дещо підвищувався. Варто зазначити, що кількість насінин у коробочці не мала прямої залежності від кількості сформованих коробочок, а швидше характеризувала особливості сорту та рівень запліднення квіток у роки вирощування. Комплексна оптимізація живлення у поєднанні з біопрепаратами й передпосівною обробкою насіння дозволяє збільшити не лише кількість коробочок на рослині, а й кількість насінин у кожній коробочці. Це є вагомим чинником для підвищення загальної врожайності та забезпечення сталої продуктивності льону олійного за різних кліматичних умов років вирощування.

Найменшою масою 1000 насінин вирізнявся сорт Водограй (7,5–7,8 г), дещо більшою вона визначена у сорту Добродар (8,1–8,4 г), а найвищою – у сорту Запорізький богатир (8,7–9,4 г). У середньому застосування Азотофіту для передпосівної обробки насіння підвищувало цей показник на 0,13–0,14 г порівняно з контролем, незалежно від сорту й погодних умов року вирощування.

Встановлено, що застосування комплексної системи живлення та передпосівної обробки насіння суттєво підвищує вміст жиру в насінні льону олійного незалежно від сорту та року вирощування. Для всіх досліджуваних сортів – Водограй, Добродар і Запорізький богатир – визначено стійку тенденцію до зростання цього показника за поєднання мінерального добрива, сучасних препаратів для позакореневого підживлення (Органік баланс, Боропті, Азотофіт) та передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт.

Максимальні значення вмісту жиру в насінні (до 49,4–49,6%) визначені у варіантах комплексного застосування всіх елементів технології, тоді як у контрольних варіантах цей показник не перевищував 48,0–48,2%. Позитивну динаміку прослідкували для всіх досліджуваних сортів, а різниця між варіантами передпосівної обробки насіння у середньому складала 0,2% на користь використання Азотофіту. Оптимізація системи живлення підвищувала вміст жиру на 1,2–1,6% порівняно з контролем. Кореляційно-регресійним аналізом підтверджено тісний зв'язок між урожайністю насіння та вмістом у ньому жиру.

Комплексний підхід до живлення істотно впливає й на умовний збір олії з гектару: найвищі значення цього показника отримано у варіантах поєднання всіх елементів технології, особливо при використанні Азотофіту для передпосівної обробки насіння, що забезпечило приріст збору олії на 0,08–0,13 т/га порівняно з контролем. Найбільший умовний збір олії забезпечували сорти Добродар і Запорізький богатир, які формували вищу продуктивність порівняно з сортом Водограй.

Публікації за розділом 5:

1. Зелінський Ю. А. Урожайність льону олійного залежно від передпосівної обробки насіння, сортових особливостей та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. Аграрні інновації No 28. 2024. С.193-199. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.31.

2. Зелінський Ю. А. Структура врожаю та продуктивність льону олійного за оптимізації ресурсоощадного живлення в Південному Степу України. Innovative Research in Science and Economy: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. July 30 – August 1, 2025. Brussels, Belgium. P. 14-19. DOI 10.70286/ISU-30.07.2025

3. Зелінський Ю. А. Оптимізація живлення сортів льону олійного у впливі на олійність насіння в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН,* 2025. № 39. С. 106–115. DOI: 10.36710/ІОС-2025-39-10

4. Зелінський Ю. А. Вплив сортових особливостей та елементів технології вирощування на масу 1000 насінин і врожайність льону олійного в умовах змін клімату. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Ротмістровські читання частина 2:* технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвяченої до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, смт Хліободарське, 25 вересня 2025 року. Одеса: Одеська ДСДС ІКОСГ НААН, 2025. С. 34–39.

РОЗДІЛ 6
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСЛІДЖУВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

6.1. Економічна оцінка елементів технології вирощування сортів льону олійного

Оцінку економічної ефективності вирощування насіння льону олійного можна зробити на основі визначення продуктивності кожного конкретного сорту залежно від впливу окремих елементів технології, розрахунку вартості основних складових виробництва культури, всебічної оцінки врожаю і якості насіння, його ринкової вартості, а також інших показників рослинницької галузі, які впливають на економіку сільського господарства [64, 65, 116, 153, 162]. Слід зазначити, що локальні господарсько-економічні умови мають свої неповторні особливості, тому для отримання фактичних даних необхідно знати витрати, які в подальшому порівнюють з показниками вартості валової продукції та визначають такі найважливіші чинники, як собівартість виробництва насіння льону олійного, умовний чистий прибуток та рівень рентабельності [32, 62, 83].

В умовах ринкової економіки забезпечення максимального прибутку та рентабельності вирощування різних за біологічними особливостями сільськогосподарських культур, у тому числі й льону олійного, є найважливішим показником ефективності рослинницької галузі. Виробництво насіння льону може забезпечити більш високу економічну ефективність, рівень урожайності та якості за умови розробки й впровадження сортової агротехніки, що враховує генетичні особливості кожного сорту, а також реакцію його на окремі елементи технології вирощування, наприклад, передпосівну обробку насіння біопрепаратами та застосування мінеральних і

біологічних добрив як окремо, так і комплексно [11, 36, 37, 56, 65, 143]. Однак, при недотриманні основних елементів технології вирощування льону, як і інших культур, можливе різке зниження продуктивності і, як результат, істотне зниження економічних показників. Тому для підвищення економічної ефективності вирощування насіння льону олійного необхідно приділити увагу всім елементам і заходам вирощування, які впливають на врожайність, якість продукції та, як результат, на загальну економічну ефективність.

Вартість валової продукції льону олійного (за ринкової ціни на насіння у період проведення розрахунків у третьому кварталі 2024 р. – 28,7 тис. грн/т) значною мірою коливалась за досліджуваними факторами та прийнятими варіантами (табл. 6.1). Визначено, що цей показник досяг максимальної величини на рівні 44,8 тис. грн/га у варіанті вирощування сорту Добродар, з обробкою насіння перед сівбою Азотофітом та за комплексного застосування мінеральних та біологічних добрив – сьомий варіант ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння). Вартість валової продукції зменшилася в 1,9 рази (до 23,5 тис. грн/га) у варіанті з цим же сортом – Добродар без обробки насіння Азотофітом (контроль фактору В) та без використання мінеральних добрив і сучасних препаратів (контроль фактору С).

Практично однакові результати стосовно вартості валової продукції на рівні 35,2–35,3 тис. грн/га отримали за вирощування сортів Запорізький богатир та Добродар. У сорту Водограй вона була дещо нижчою – у середньому на 4,0–4,5% (рис. 6.1).

Внаслідок сталого підвищення врожайності насіння за рахунок обробки перед сівбою насіння льону біопрепаратом Азотофіт вартість валової продукції порівняно з обробкою насіння водою (контроль) зростала на 6,0–6,3 тис. грн/га.

Встановлено, що, у середньому по фактору С, вартість валової продукції підвищилася до 40,8 тис. грн/га у сьомому варіанті фону живлення, в якому

вносили як помірну дозу мінерального добрива ($N_{15}P_{15}K_{15}$), так і сучасні препарати (Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків); Органік баланс 1,0 л/га та Боропті 150 г/га (початок бутонізації); Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння) (рис. 6.2).

Таблиця 6.1

Вартість валової продукції насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів, грн/га (середнє за 2022–2024 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	23,5	28,4	30,1	35,0	33,0	28,7	36,7
	Обробка Азотофітом	28,7	34,2	36,2	41,9	39,6	34,4	42,8
Добродар	Обробка водою	25,0	29,8	31,6	36,4	34,4	30,4	38,2
	Обробка Азотофітом	29,8	35,6	37,6	43,6	41,0	36,2	44,8
Запорізький богатир	Обробка водою	24,7	29,6	31,6	36,2	34,2	30,1	37,9
	Обробка Азотофітом	30,1	35,3	37,9	43,3	41,0	36,2	44,2

Виробничі витрати значною мірою коливались залежно від фону живлення та варіантів обробки насіння перед сівбою, проте не істотно різнились за сортовим складом (табл. 6.2).

Відносно вирощуваних сортів виробничі витрати були практично однаковими й складали у сортів Добродар і Запорізький богатир, у середньому, 19,2 тис. грн/га, а у сорту Водограй неістотно зменшилися до 19,1 тис. грн/га, або лише на 0,5%.

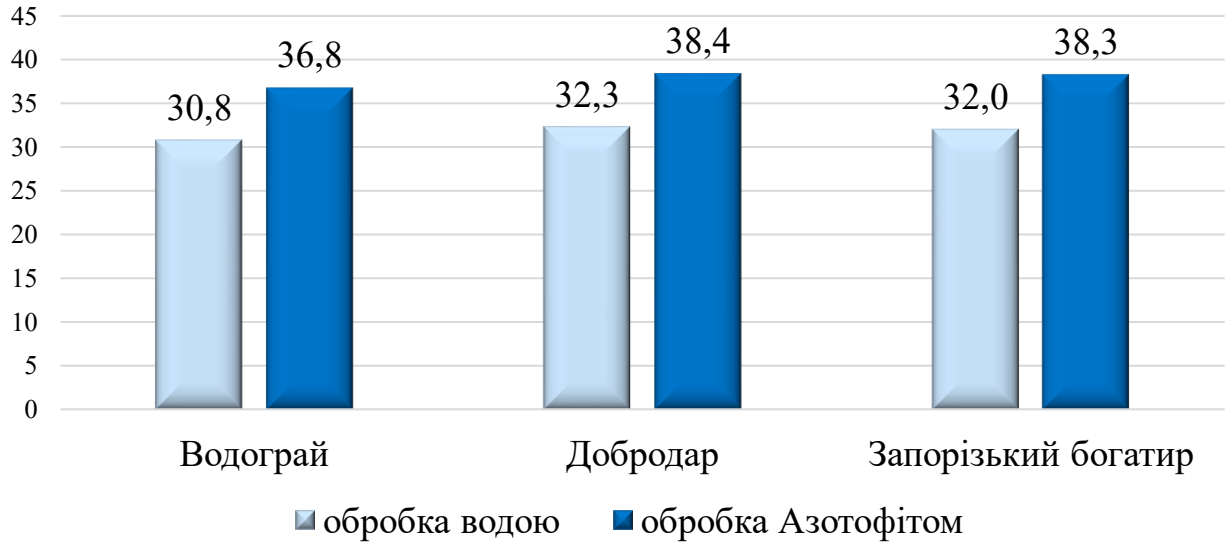


Рис. 6.1. Вартість валової продукції сортів насіння льону олійного залежно від передпосівної обробки насіння
(середнє по фону живлення за 2022–2024 рр.), грн/га

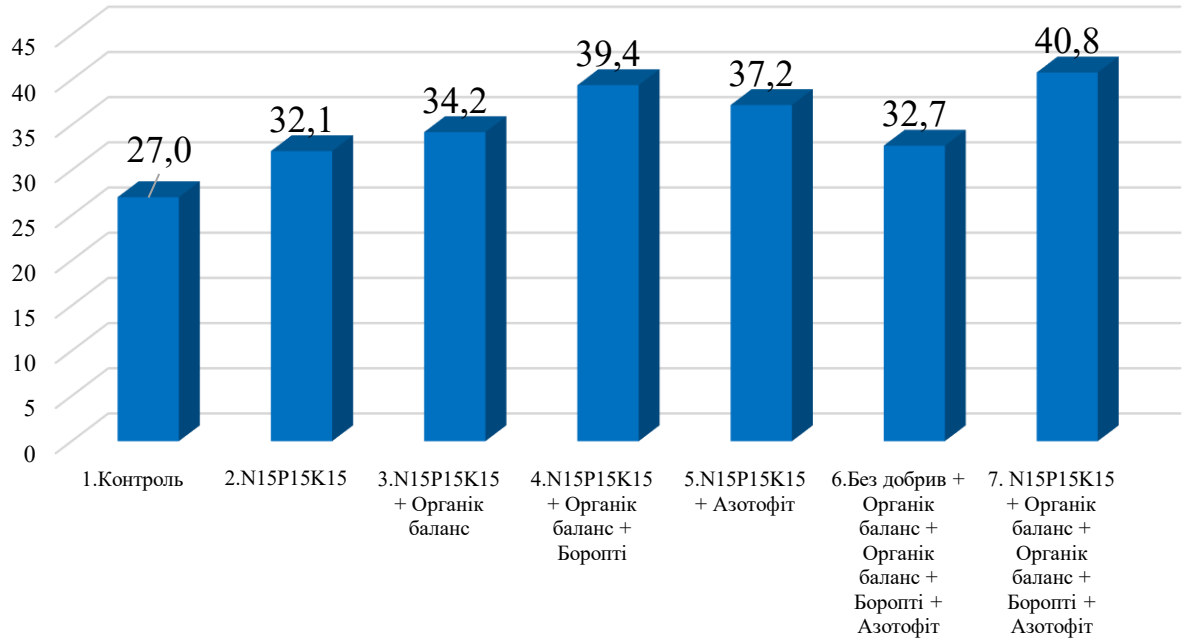


Рис. 6.2. Вартість валової продукції насіння льону олійного по фактору удобрення – С у середньому по сортах та фактору обробки насіння (середнє за 2022–2024 рр.), грн/га

Таблиця 6.2

Виробничі витрати на вирощування насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), тис. грн/т

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	14,1	18,2	19,5	20,3	18,6	18,3	21,8
	Обробка Азотофітом	15,5	18,9	20,3	21,0	19,4	19,1	22,6
Добродар	Обробка водою	14,8	18,2	19,5	20,3	18,6	18,4	21,8
	Обробка Азотофітом	15,5	19,0	20,3	21,1	19,4	19,1	22,6
Запорізький богатир	Обробка водою	14,8	18,2	19,5	20,3	18,6	18,4	21,8
	Обробка Азотофітом	15,6	19,0	20,3	21,1	19,4	19,1	22,6

Обробка насіння перед сівбою препаратом Азотофіт обумовила зростання виробничих витрат у всіх сортів на 0,8–0,9 тис. грн/га, або на 4,0–4,5% (рис. 6.3).

Стосовно фону живлення визначено, що внаслідок високої вартості добрив, зростання витрат на їх внесення, а також додаткових витрат на збирання та транспортування додатково сформованого врожаю насіння льону олійного найвищих значень виробничі витрати у середньому за фактором живлення (С) склали 22,2 тис. грн/га (рис. 6.4).

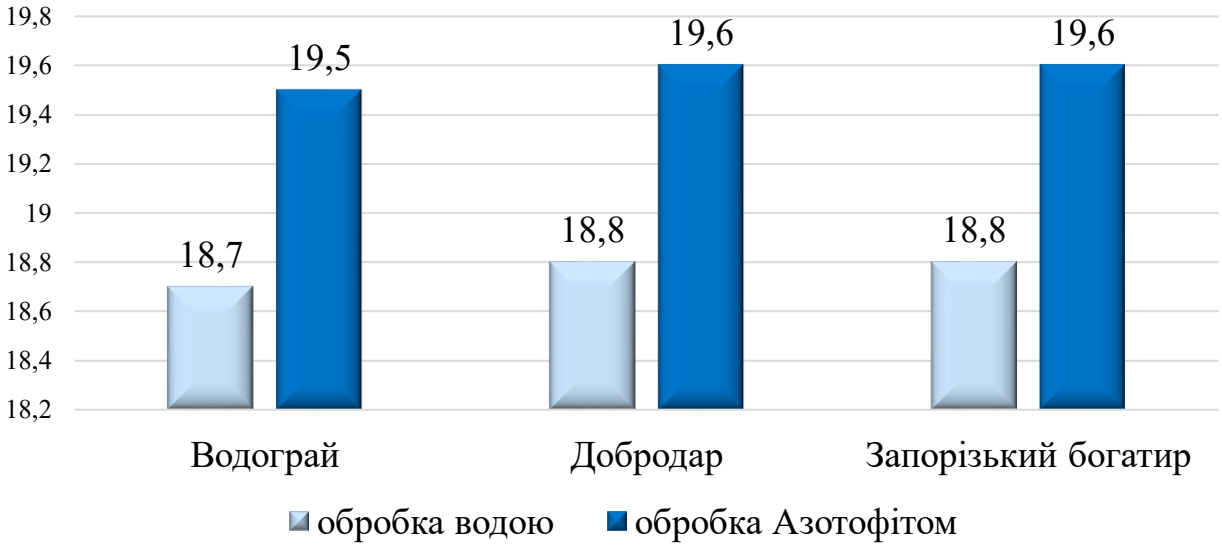


Рис. 6.3. Виробничі витрати на вирощування насіння льону олійного по сортах залежно від передпосівної обробки насіння (середнє по фону живлення за 2022–2024 рр.), тис. грн/т

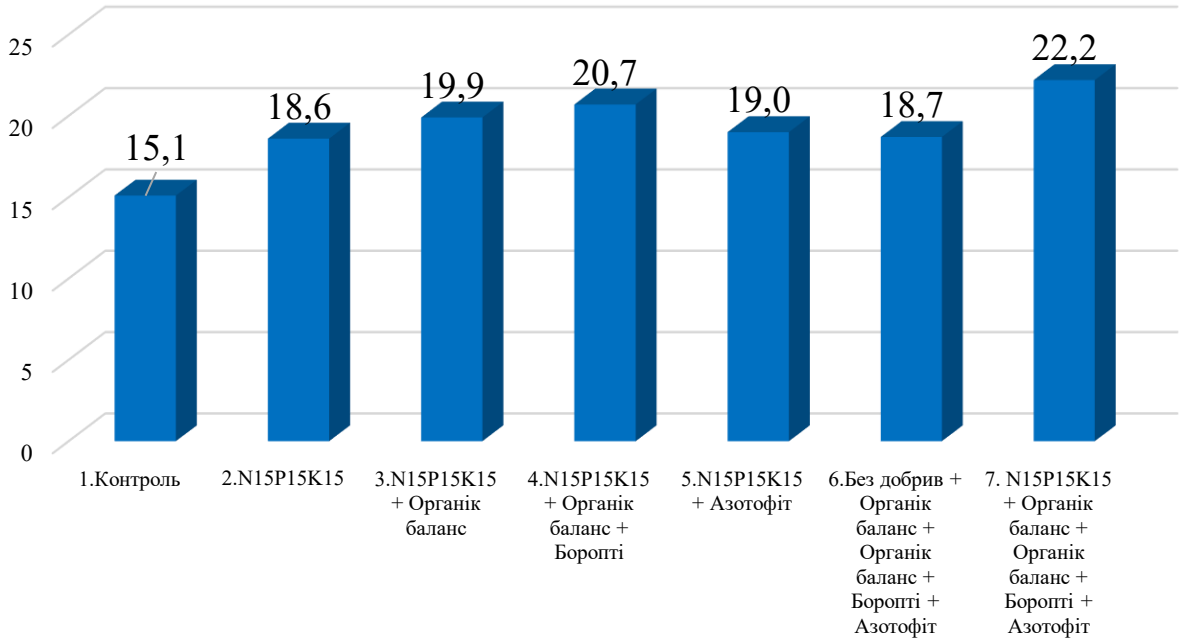


Рис. 6.4. Виробничі витрати на вирощування насіння льону олійного по фактору удобрення в середньому по сортах та фактору обробки насіння (середнє за 2022–2024 рр.), тис. грн/т

Доцільність визначення собівартості вирощування одиниці насіння льону олійного базується на фундаментальних засадах економічної теорії, управлінського обліку та інноваційного розвитку, оскільки дозволяє з максимальною ефективністю використовувати природні, технічні, трудові та інші ресурси. В наших дослідженнях проявилися певні відмінності стосовно показників собівартості насіння льону олійного порівняно з виробничими витратами, що обумовлено неоднаковою реакцією культури на проведення передпосівної обробки насіння Азотофітом та оптимізацію фону живлення (табл. 6.3). Мінімальною собівартість на рівні 13,6 тис. грн/т визначена за наступного поєднання факторів – сорт Добродар, обробка насіння перед сівбою Азотофітом, п'ятий варіант живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт). Цей показник збільшився в 1,4 рази (до 18,6 тис. грн/т) за вирощування сорту Водограй, обробку насіння якого перед сівбою проводили водою та впроваджували третій варіант фону живлення ($N_{15}P_{15}K_{15}$ та підживлення Органік баланс у фазі 4–6 листків).

Вирощування досліджуваних сортів несуттєво впливало на собівартість одиниці насіння льону олійного. У сорту Водограй визначили найбільше значення, в середньому 16,4 тис. грн/т, а у сортів Добродар і Запорізький богатир воно зменшилося до 15,7 та 15,8 тис. грн/т, або на 4,0 та 3,5%, відповідно.

Проведення передпосівної обробки насіння льону олійного біопрепаратом Азотофіт забезпечило стале зниження собівартості отриманої продукції. Так, у сорту Водограй вона зменшилася на 2,2 тис. грн/т (на 14,3%), у сорту Добродар – на 2,1 тис. грн/т (на 14,4%), у сорту Запорізький богатир – на 2,2 тис. грн/т (на 15,0%).

Найнижчу собівартість 14,8 тис. грн/т забезпечував варіант оптимізації живлення, де вносили мінеральне добриво у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проводили позакореневе підживлення у фазу початку наливу насіння препаратом Азотофіт (0,5 л/га). Суттєве зростання її на 13,1; 14,2; 12,2% відбулося у

другому, третьому та шостому варіантах фактору удобрення, у яких собівартість визначена на рівнях 16,6–16,8 тис. грн/т (рис. 6.5).

Таблиця 6.3

Собівартість виробництва насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), тис. грн/т

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	17,2	18,4	18,6	16,6	16,2	18,3	17,0
	Обробка Азотофітом	15,5	15,9	16,1	14,4	14,0	15,9	15,1
Добродар	Обробка водою	17,0	17,5	17,8	16,0	15,5	17,3	16,4
	Обробка Азотофітом	14,9	15,3	15,5	13,9	13,6	15,2	14,5
Запорізький богатир	Обробка водою	17,2	17,7	17,8	16,1	15,7	17,5	16,5
	Обробка Азотофітом	14,8	15,4	15,4	14,0	13,6	15,2	14,7

Умовно чистий прибуток за варіантами елементів технології вирощування насіння сортів льону олійного змінювався у максимальному ступеню за передпосівної обробки насіння та варіантами живлення, меншою мірою – від сортового складу (фактором А) (табл. 6.4). Причому діапазон коливань був найбільшим (у 2,4 рази) порівняно з усіма іншими економічними показниками: найнижче значення 9,4 тис. грн/га забезпечив варіант

вирощування сорту Водограй без обробки насіння Азотофітом та без застосування мінеральних добрив і сучасних препаратів; максимальний умовно чистий прибуток – 22,5 тис. грн/га вирощування сорту Добродар за передпосівної обробки насіння Азотофітом та варіантом живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті.

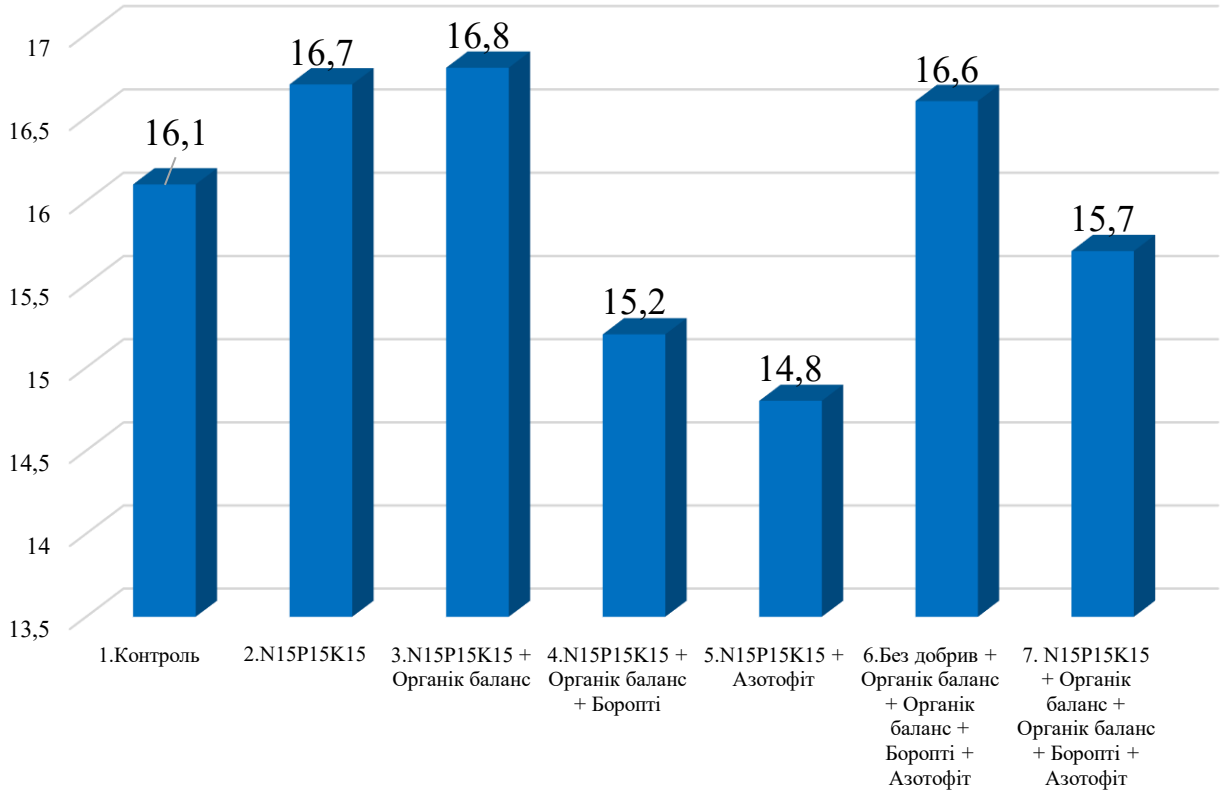


Рис. 6.5. Собівартість виробництва насіння льону олійного за факторами удобрення та обробки насіння в середньому по сортах (середнє за 2022–2024 рр.), тис. грн/т

У середньому за сортовим складом слід зазначити, що досліджуваний сорт льону олійного Добродар забезпечив максимальне зростання умовного чистого прибутку, в середньому за фактором А, до 16,1 тис. грн/га. Практично таке ж значення цього найважливішого економічного показника (16,0 тис. грн/га) визначено і у сорту Запорізький богатир. Мінімальний умовний чистий прибуток 14,7 тис. грн/га забепечило вирощування сорту Водограй, що менше порівняно з іншими сортами на 8,6–9,7%.

Таблиця 6.4

Умовно чистий прибуток за вирощування насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), тис. грн/га [76]

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	9,4	10,2	10,6	14,7	14,4	10,4	14,9
	Обробка Азотофітом	13,2	15,2	15,9	20,9	20,2	15,4	20,2
Добродар	Обробка водою	10,1	11,6	12,0	16,1	15,8	12,0	16,3
	Обробка Азотофітом	14,3	16,6	17,3	22,5	21,6	17,0	22,2
Запорізький богатир	Обробка водою	9,9	11,4	12,0	15,9	15,5	11,8	16,0
	Обробка Азотофітом	14,6	16,3	17,6	22,2	21,6	17,0	21,6

Передпосівна обробка насіння Азотофітом найбільшою мірою сприяла зростанню умовного чистого прибутку. У контрольному варіанті фактору живлення цей показник у сорту Водограй склав 12,1 тис. грн/га, у сорту Добродар – 13,4 тис. грн/га, у сорту Запорізький богатир – 13,2 тис. грн/га. За обробки насіння перед сівбою біопрепаратом Азотофіт відбулося суттєве

зростання умовно чистого прибутку за сортами, відповідно, на 42,7; 39,8; 41,7% (рис. 6.6) [255].

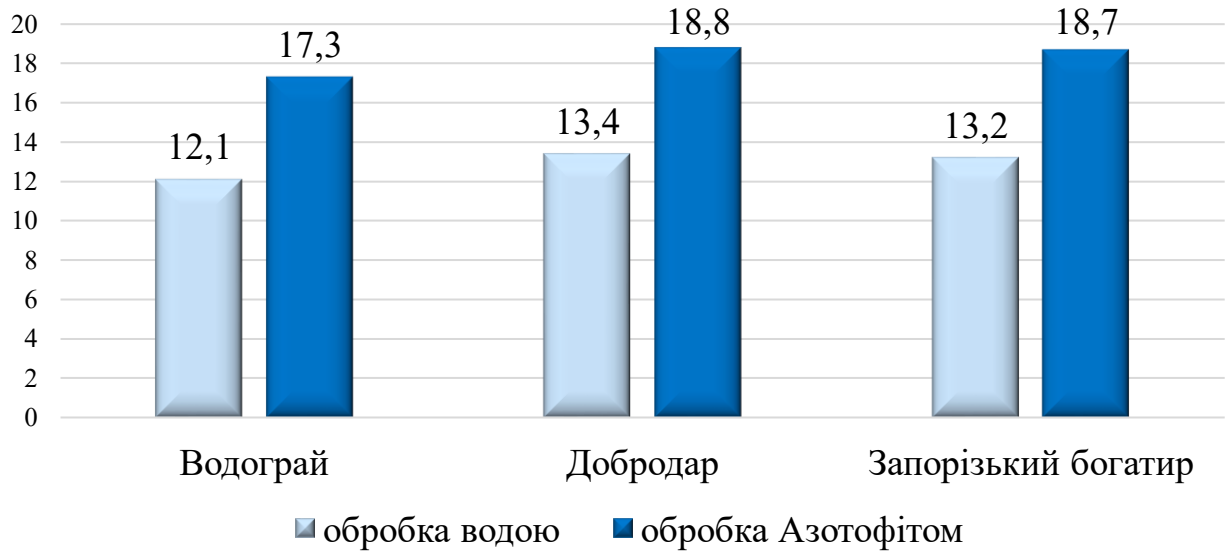


Рис. 6.6. Умовно чистий прибуток вирощування насіння льону олійного за сортами залежно від передпосівної обробки насіння (середнє по фону живлення за 2022–2024 рр.), тис. грн/га [77]

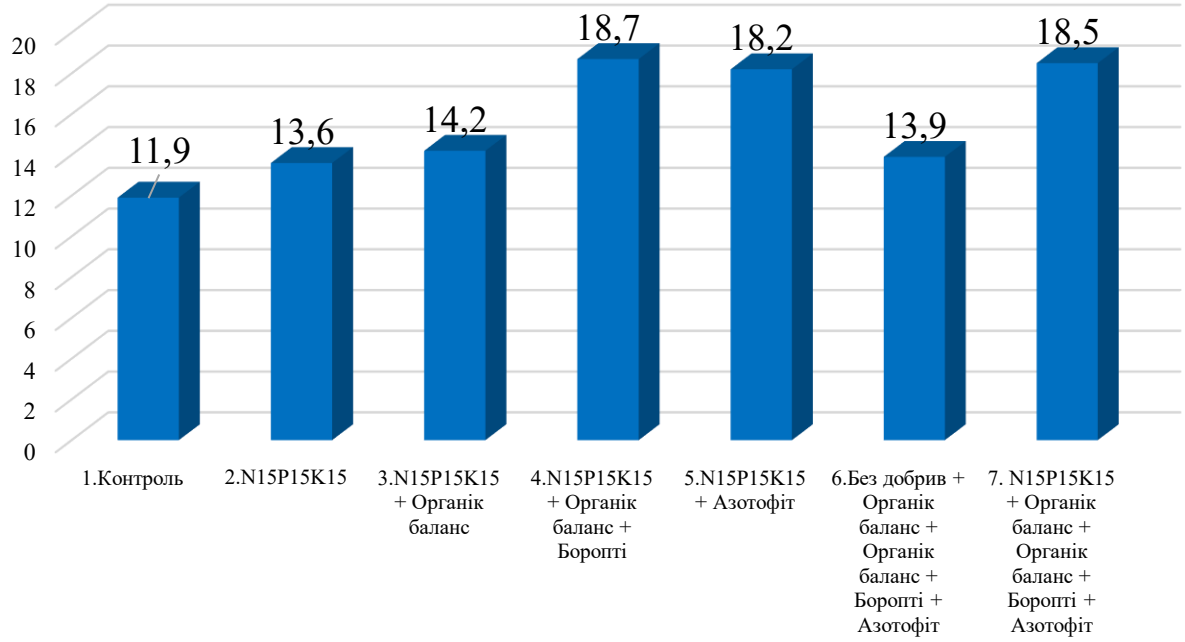


Рис. 6.7. Умовно чистий прибуток вирощування насіння льону олійного за факторами удобрення та обробки насіння в середньому по сортах (середнє за 2022–2024 рр.), тис. грн/га [77]

Максимальний умовно чистий прибуток, що перевищував 18 тис. грн/га забезпечували три варіанти живлення: $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті він становив 18,7 тис. грн/га, за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт – 18,5 тис. грн/га, та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт – 18,2 тис. грн/га. У контрольному варіанті (без застосування мінеральних добрив та підживлень) чистий прибуток істотно зменшився до 11,9 тис. грн/га, або на 52,7–57,2% (рис. 6.7).

Таблиця 6.5

Рентабельність виробництва насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), %

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	66,9	56,3	54,5	72,8	77,5	56,6	68,5
	Обробка Азотофітом	85,0	80,5	78,5	99,1	104,5	80,6	89,5
Добродар	Обробка водою	68,4	63,8	61,5	79,5	84,8	65,6	74,7
	Обробка Азотофітом	92,0	87,7	85,2	106,8	111,4	89,1	97,9
Запорізький богатир	Обробка водою	66,6	62,3	61,5	78,1	83,3	64,1	73,5
	Обробка Азотофітом	93,7	86,2	86,5	105,5	111,4	89,1	95,5

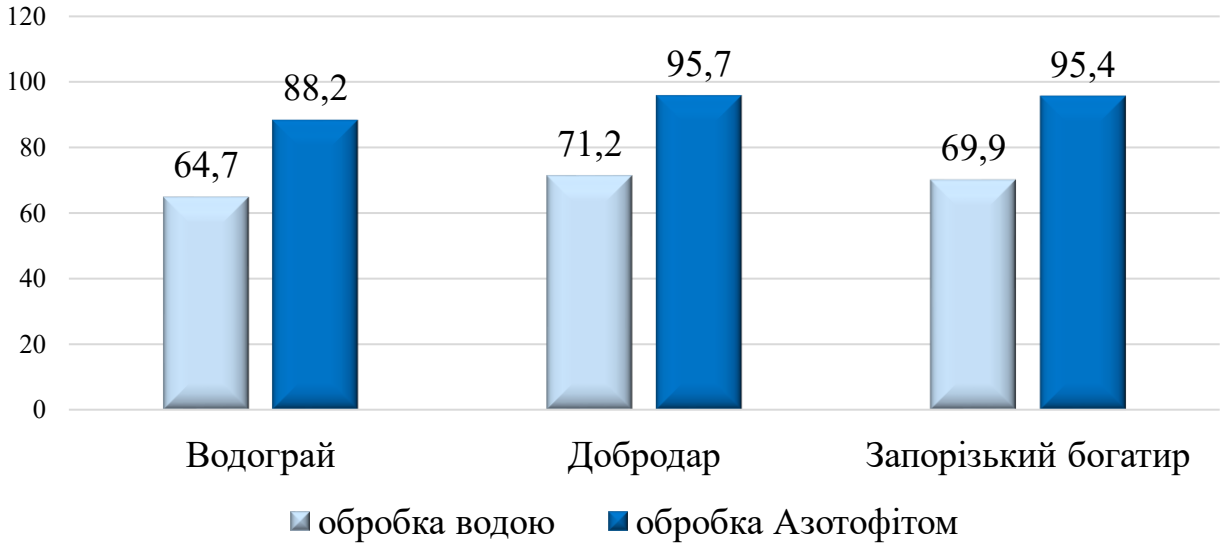


Рис. 6.8. Рентабельність виробництва насіння льону олійного по сортах залежно від передпосівної обробки насіння (середнє по фону живлення за 2022–2024 рр.), %

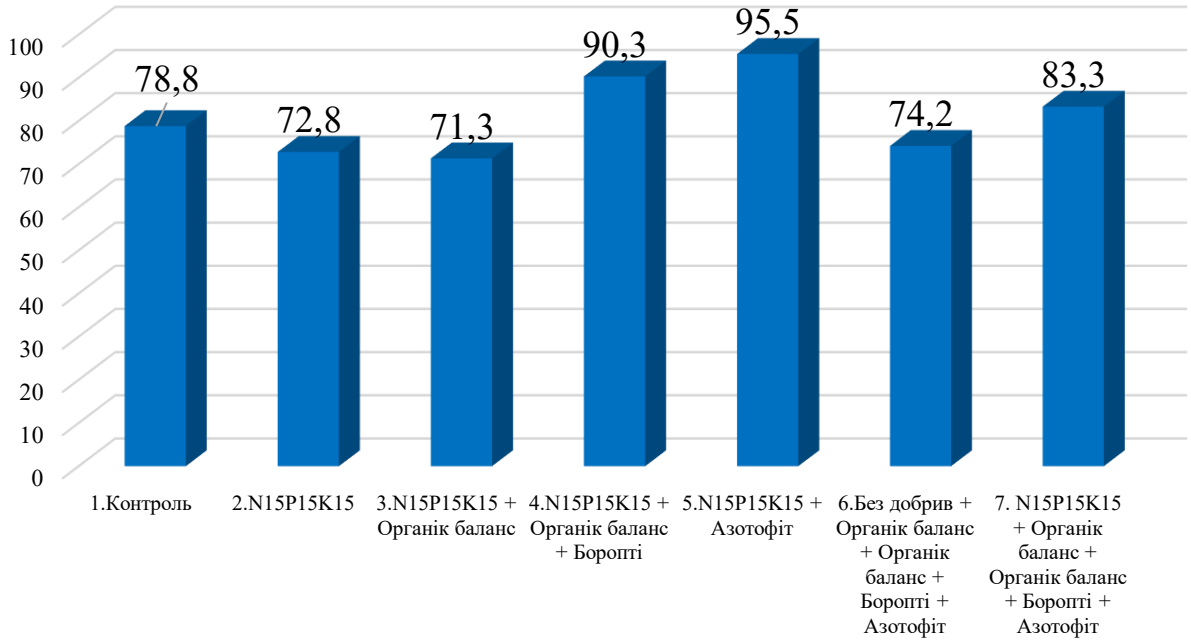


Рис. 6.9. Рентабельність виробництва насіння льону олійного за факторами удобрення та обробки насіння в середньому по сортах (середнє за 2022–2024 рр.), %

Рівень рентабельності у найбільш оптимальних варіантах досліду перевищував 100%, а максимального значення (111,4%) він сягнув у двох

варіантах – за вирощування сортів Добродар та Запорізький богатир, насіння яких перед сівбою обробляли біопрепаратом Азотофіт за варіанта живлення з внесенням мінерального добрива у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ та підживленням Азотофітом на початку фази наливу насіння (табл. 6.5). Цей показник знизився практично удвічі до 54,5% за вирощування сорту Водограй без передпосівної обробки насіння Азотофітом за варіанту живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс у фазу 4–6 листків льону олійного.

Близькі показники рівня рентабельності визначено за сортовим складом, у середньому, 82,7–83,5% одержано у варіантах вирощування сортів Запорізький богатир та Добродар. У сорту льону олійного Водограй він знизився до 76,5%, або на 6,2–7,0 відсоткових пунктів.

Суттєве зростання даного досліджуваного економічного показника в усіх вирощуваних сортів забезпечила передпосівна обробка насіння біопрепаратом Азотофіт. У контрольному варіанті фактору В (обробка насіння) вона складала 64,7–71,2%, а за обробки насіння перед сівбою Азотофітом підвищилася до 88,2–95,7%. Отже відбулося зростання на 21,1–23,2 відсоткових пунктів (рис. 6.8).

Рентабельність у середньому за фактором удобрення (С) (рис. 6.9), сягнула найвищого рівня – в середньому, 95,5% за варіанту живлення, де вносили мінеральні добрива у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проводили підживлення біопрепаратом Азотофіт у фазі початку наливу насіння льону олійного. Зменшення даного показника на 24,2 відсоткових пунктів до найменшого значення 71,3% визначено за варіанту живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та Органік баланс у фазу 4–6 листків льону олійного.

6.2. Енергетична ефективність розроблених елементів технології вирощування насіння льону олійного

Енергетична ефективність у сільськогосподарському виробництві є одним із основних показників ефективного використання всіх видів ресурсів,

що знаходиться у тісній заклежності з економічними параметрами технологічних елементів та дозволяє розробити заходи з мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та ощадливого використання природних ресурсів. В умовах зростання цін на енергоносії та глобальних кліматичних змін оптимізація енергетичних витрат є пріоритетним завданням. Встановлення впливу агротехнічних заходів на енергетичну ефективність має важливе наукове та практичне значення, дозволяючи розробляти ресурсозберігаючі та екологічно безпечні технології [4, 15, 116, 128, 174].

За літературними даними [116, 128, 175, 180, 183, 201, 211] для розрахунків показників енергетичної ефективності було прийнято, що вміст загальної енергії в 1 кг насіння льону складає 23,34 МДж з коефіцієнтом вмісту сухої речовини в насінні досліджуваної культури 0,88. Розрахунками визначено, що мінімальне значення надходження енергії у польових дослідах з розроблення елементів технології вирощування насіння льону олійного на рівні 16,8 ГДж/га одержано у варіанті вирощування сорту Водограй у контролі (табл. 6.6). Максимальне значення цього показника (32,0 ГДж/газабезпечило вирощування сорту Добродар з передпосівною обробкою насіння Азотофітом по фону живлення: $N_{15}P_{15}K_{15}$; Органік баланс (у фазі 4–6 листків); Органік баланс та Боропті (напочатку бутонізації); Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння). Різниця між цими зазначеними варіантами була суттєвою й склала 1,9 рази.

Практично однакові результати надходження енергії з урожаєм насіння льону олійного, в середньому за сортами (фактор А), на рівні 25,2–25,3 ГДж/га визначено у варіантах з сортами Запорізький богатир та Добродар. За вирощування сорту Водограй цей показник знизився до 24,2 ГДж/га, або на 4,0–4,9%.

Передпосівна обробка насіння досліджуваної культури Азотофітом сприяла суттєвому зростанню надходження енергії з урожаєм. Так, у контрольних варіантах фактору В (обробка насіння) цей показник склав 22,0–

23,1 ГДж/га, а за обробки насіння Азотофітом підвищився до 26,4–27,5, або на 14,3–25,0% (рис. 6.10).

Таблиця 6.6

Надходження енергії з урожаєм насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), ГДж/га

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	16,8	20,3	21,6	25,1	23,6	20,5	26,3
	Обробка Азотофітом	20,5	24,4	25,9	30,0	28,3	24,6	30,6
Добродар	Обробка водою	17,9	21,4	22,6	26,1	24,6	21,8	27,3
	Обробка Азотофітом	21,4	25,5	26,9	31,2	29,4	25,9	32,0
Запорізький богатир	Обробка водою	17,7	21,2	22,6	25,9	24,4	21,6	27,1
	Обробка Азотофітом	21,6	25,3	27,1	31,0	29,4	25,9	31,6

Щодо варіантів живлення (фактор С) (рис. 6.11), то визначено перевагу у надходженні енергії з урожаєм за внесення помірної дози мінерального добрива у дозі $N_{15}P_{15}K_{15}$ сумісно з препаратами Органік баланс та Боропті (28,02 ГДж/га) та варіантів із застосуванням $N_{15}P_{15}K_{15}$, а також біопрепаратів Органік баланс (обробка у дві фази), Боропті та Азотофіт (29,2 ГДж/га).

Порівняно з контролем (без добрив і біопрепаратів), де надходження енергії з урожаєм склало, у середньому, 19,3 ГДж/га, що було більше на 46,1 та 51,1%.

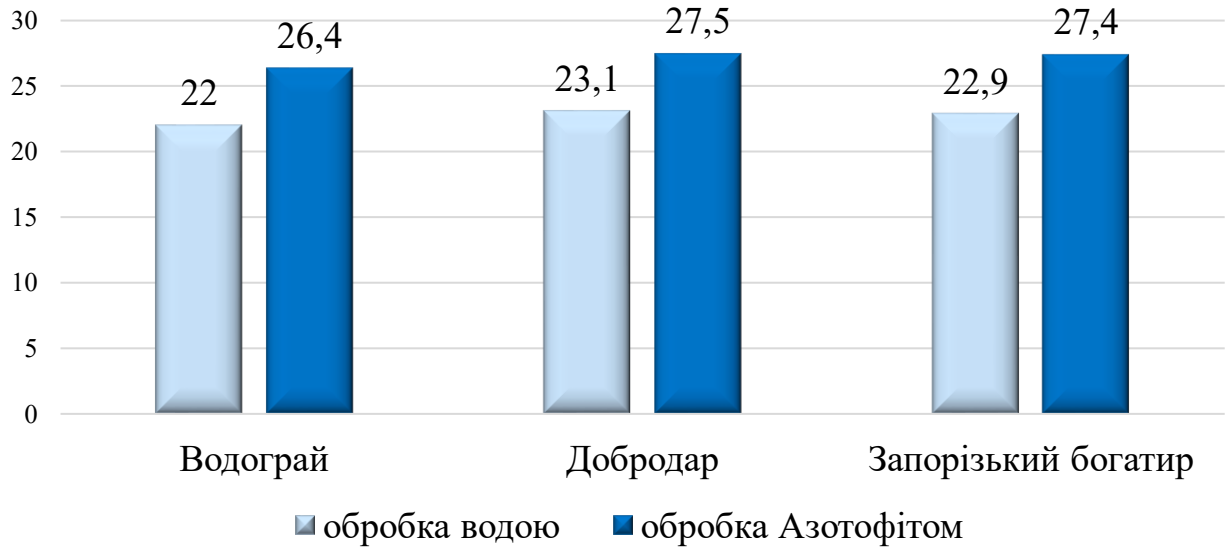


Рис. 6.10. Надходження енергії з урожаєм насіння льону олійного за сортами залежно від передпосівної обробки насіння
(середнє по фону живлення за 2022–2024 рр.), ГДж/га

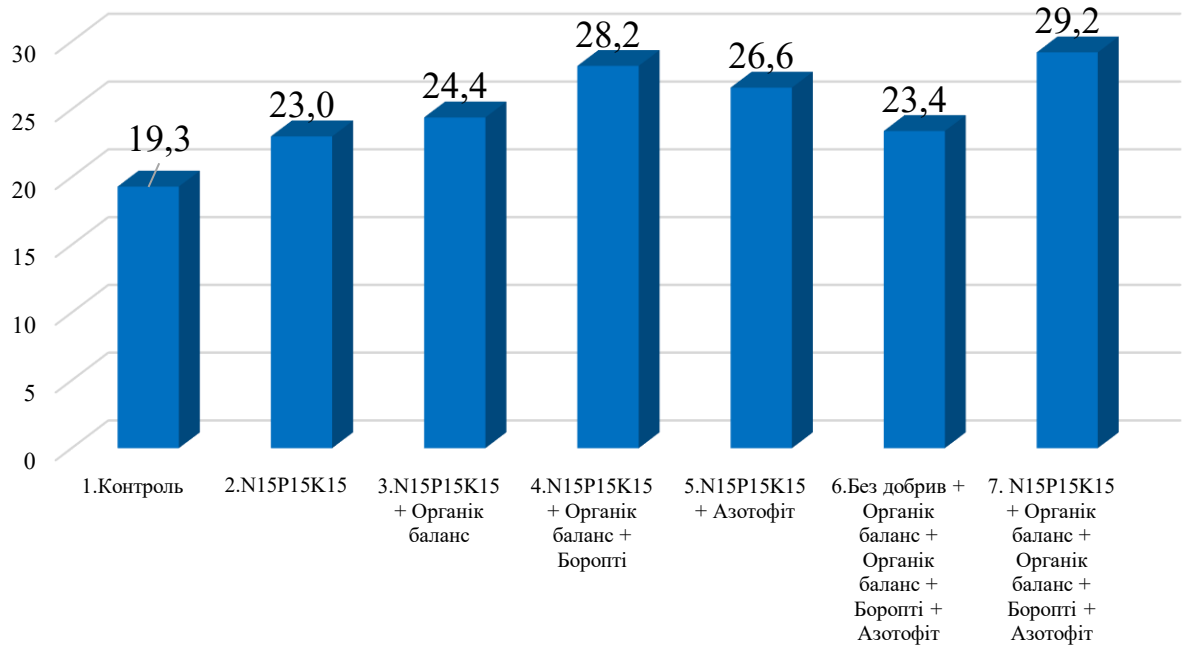


Рис. 6.11. Надходження енергії з урожаєм насіння льону олійного за факторами удобрення та обробки насіння в середньому по сортах (середнє за 2022–2024 рр.), ГДж/га

Витрати енергії на забезпечення технології вирощування льону олійного різною мірою змінювались за впливу досліджуваних елементів технології (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Витрати енергії на вирощування насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), ГДж/га

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	13,8	16,8	17,5	19,1	18,3	16,3	20,1
	Обробка Азотофітом	15,5	18,6	19,4	21,2	20,4	18,2	22,0
Добродар	Обробка водою	14,2	17,2	17,9	19,5	18,7	16,8	20,5
	Обробка Азотофітом	15,8	19,0	19,8	21,7	20,7	18,6	22,6
Запорізький богатир	Обробка водою	14,1	17,1	17,9	19,4	18,6	16,7	20,4
	Обробка Азотофітом	15,9	18,9	19,9	21,6	20,7	18,6	22,4

Найменшими вони виявилися у контрольних варіантах факторів В і С за вирощування сорту Водограй – 13,8 ГДж/га. Вирощування сорту Добродар забезпечило його збільшення в 1,6 рази (до 22,6 ГДж/га) за передпосівної

обробки насіння Азотофітом та з системою удобрення, що включала $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння).

У середньому по фактору А – сорт найбільші енерговитрати – 18,8 ГДж/га були визначені за вирощування сорту Добродар. У сортів льону олійного Водограй та Запорізький богатир цей показник несуттєво знизився на 0,2 та 2,2%, відповідно.

Передпосівна обробка насіння біопрепаратом Азотофіт обумовила значне зростання виробничих витрат на 10,9–11,2%, що пояснюється необхідністю збирання, транспортування та доробки додаткової кількості врожаю насіння.

Суттєве зниження витрат енергії на забезпечення технологічного процесу вирощування насіння льону олійного, в середньому по фактору живлення (С), до 14,9 ГДж/га, визначено у контрольному варіанті (без внесення мінеральних добрив та сучасних препаратів). Максимальним, на рівні 21,3 ГДж/га, цей показник визначили у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння), що перевищувало контроль на 43,1%.

Внаслідок дії та взаємодії досліджуваних факторів визначено суттєву різницю у формуванні показників приросту енергії за вирощування сортів льону олійного (табл. 6.8). Так, найменше його значення на рівні 3,0 ГДж/га було визначено за вирощування сорту Водограй з обробкою насіння перед сівбою водою (контроль фактору В) без внесення мінеральних добрив та сучасних препаратів (контроль фактору С). За вирощування сорту Добродар, насіння якого обробляли перед сівбою Азотофітом по фонах $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації); $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння) та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння) цей показник зріс до

до 9,5 ГДж/га, або в 3,2 рази. Також високим приріст енергії у межах 9,2–9,4 ГДж/га за обробки насіння Азотофітом визначено у цих же варіантах за вирощування сорту Запорізький богатир.

Таблиця 6.8

Приріст енергії за досліджуваними факторами вирощування насіння льону олійного (середнє за 2022–2024 рр.), ГДж/га

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Боропті + Азотофіт	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	3,0	3,6	4,1	6,0	5,3	4,2	6,2
	Обробка Азотофітом	5,0	5,8	6,5	8,8	8,0	6,5	8,6
Добродар	Обробка водою	3,6	4,2	4,7	6,6	6,0	5,0	6,8
	Обробка Азотофітом	5,5	6,5	7,1	9,5	8,6	7,3	9,5
Запорізький богатир	Обробка водою	3,5	4,1	4,7	6,5	5,8	4,9	6,7
	Обробка Азотофітом	5,7	6,4	7,2	9,4	8,6	7,3	9,2

Мінімальний приріст енергії забезпечило вирощування сорту льону олійного Водограй – 5,8 ГДж/га. За вирощування сортів Добродар та Запорізький богатир він збільшився до 6,5 і 6,4 ГДЖ/га, або на 11,6 і 10,4%, відповідно.

На величину приросту сукупної енергії суттєво впливала передпосівна обробка насіння льону олійного Азотофітом. Так, у контрольному варіанті фактору В (обробка насіння чистою водою) у всіх сортах цей показник був мінімальним і склав 4,6; 5,3; 5,2 ГДж/га. За обробки насіння досліджуваної культури перед сівбою біопрепаратом Азотофіт визначено стале зростання приросту енергії на 51,9; 46,2; 48,6% до понад 7 ГДж/га.

Приріст енергії у середньому по фактору оптимізації живлення підвищився до 7,8 ГДж/га у варіантах $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння). У контролі, де не використовували мінеральні добрива та сучасні препарати цей показник істотно зменшився до 4,4 ГДж/га, або на 77,5–78,1%. Слід відзначити, що приріст енергії досяг високого рівня (7,1 ГДж/га) також і за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та застосування Азотофіту.

Коефіцієнт енергетичної ефективності в усіх варіантах польового досліду перевищував одиницю, що свідчить про енергетичну обґрунтованість досліджуваних елементів технології вирощування всіх сортів льону олійного (табл. 6.9) [72].

Найвищим, на рівні 1,44, цей показник визначено у сортів Добродар і Запорізький богатир за обробки насіння перед сівбою Азотофітом та за варіанта фону живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації). Мінімальний коефіцієнт енергетичної ефективності зі зменшенням на 18,7% (до 1,21) визначено за вирощування сорту Водограй без обробки насіння Азотофітом та за внесення лише мінеральних добрив (другий варіант).

За сортовим складом коефіцієнт енергетичної ефективності змінювався несуттєво. У сортів Добродар та Запорізький богатир він був однаковим і склав у середньому, 1,34, а у сорту Водограй він зменшився лише на 2,2% – до 1,31.

Таблиця 6.9

Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування насіння сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.) [72]

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Орга-нік баланс + Боропті +	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Орга-нік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	1,22	1,21	1,23	1,31	1,29	1,26	1,31
	Обробка Азотофітом	1,32	1,31	1,33	1,41	1,39	1,36	1,39
Добродар	Обробка водою	1,26	1,25	1,26	1,34	1,32	1,30	1,33
	Обробка Азотофітом	1,35	1,34	1,36	1,44	1,42	1,39	1,42
Запорізький богатир	Обробка водою	1,25	1,24	1,26	1,34	1,31	1,29	1,33
	Обробка Азотофітом	1,36	1,34	1,36	1,44	1,42	1,39	1,41

Застосування біопрепарату Азотофіт для передпосівної обробки насіння льону олійного сприяло значному зростанню коефіцієнта енергетичної ефективності від 1,26 до 1,39, або на 7,3-7,8% (рис. 6.12).

Варіант сумісного застосування $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) виявився найефективнішим з точки зору

співвідношення приросту та витрат енергії, де визначили максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 1,38 (рис. 6.13). Мінімальне його значення 1,28 забезпечив варіант внесення лише помірної дози мінерального добрива – $N_{15}P_{15}K_{15}$. Отже, різниця між цими варіантами склала 7,7%. Високий коефіцієнт енергетичної ефективності, у середньому відповідно, 1,36 та 1,37 забезпечили варіанти $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння) та $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння).

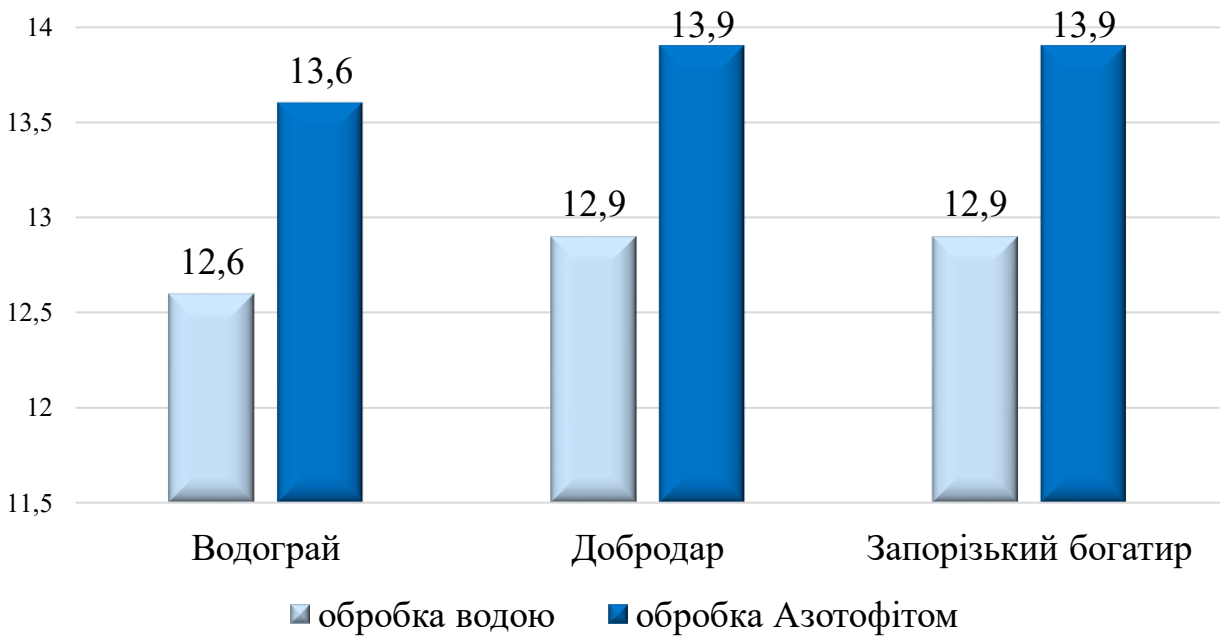


Рис. 6.12. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування насіння льону олійного по сортах залежно від передпосівної обробки насіння (середнє по фону живлення за 2022–2024 рр.)

Максимальну енергоємність 1 т насіння льону олійного на рівні 16,9 ГДж забезпечило вирощування сорту Водограй у контролі та за внесення помірної дози мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ (табл. 6.10). Найбільш оптимального використання енергії з точки зору її окупності врожаєм досягнуто за

вирощування сортів Добродар і Запорізький богатир, де енергоємність зменшилась до 14,3 ГДж/т, або на 18,7%.

Таблиця 6.10

Енергоємність вирощування насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2024 рр.), ГДж/т

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Варіант живлення (фактор С)						
		Контроль	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Азотофіт	Без добрив + Органік баланс + Орга-нік баланс + Боропті +	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс + Боропті + Азотофіт
Водограй	Обробка водою	16,9	16,9	16,7	15,6	15,9	16,3	15,7
	Обробка Азотофітом	15,5	15,6	15,4	14,5	14,8	15,1	14,8
Добродар	Обробка водою	16,3	16,5	16,3	15,3	15,6	15,8	15,4
	Обробка Азотофітом	15,2	15,3	15,1	14,3	14,5	14,8	14,5
Запорізький богатир	Обробка водою	16,4	16,6	16,3	15,4	15,6	15,9	15,5
	Обробка Азотофітом	15,1	15,4	15,1	14,3	14,5	14,8	14,5

Вирощування сорту Водограй характеризувалося максимальною енергоємністю, у середньому по фактору сорту – А, в межах 15,7 ГДж/т. У сортів Добродар та Запорізький богатир цей показник був однаковим (15,4 ГДж/т), або на 1,9% нижче порівняно з сортом Водограй.

Обробка насіння перед сівбою біопрепаратом Азотофіт суттєво знижувала енергоємність насіння льону олійного. За передпосівної обробки

насіння водою цей показник склав за досліджуваними сортами 16,3; 15,9; 16,0 ГДж/т, відповідно. Передпосівна обробка насіння Азотофітом забезпечила стале зниження показника енергоємності на 7,9; 7,4; 8,1%.

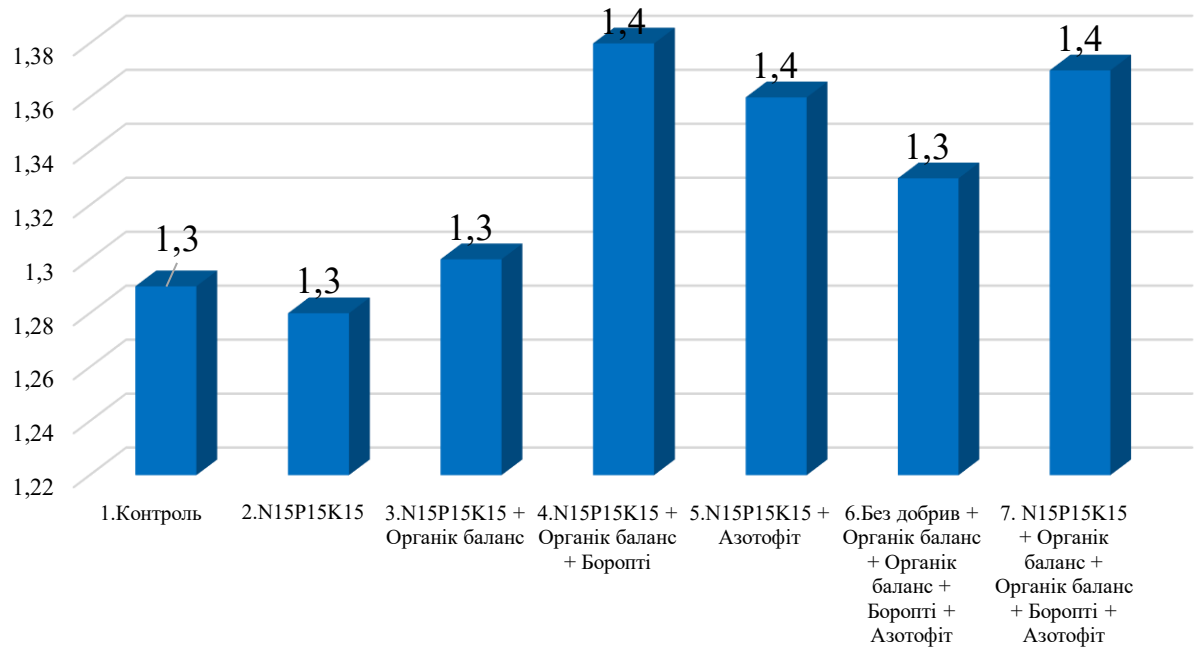


Рис. 6.13. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування насіння льону олійного за факторами удобрення та обробки насіння в середньому по сортах (середнє за 2022–2024 рр.) [72]

У середньому по фону живлення (фактор С) з точки зору найоптимальнішої окупності енерговитрат урожаєм можна зазначити варіант $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації), де досягнуто мінімального значення – 14,9 ГДж/т. Найвищою енергоємність на рівні 16,1 ГДж/т визначена за внесення лише мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$.

Висновки за розділом 6:

У результаті розрахунків, визначень та порівнянь встановлено, що вартість валової продукції льону олійного значною мірою залежала від елементів технології вирощування, зокрема сорту, передпосівної обробки

насіння та фону живлення. Максимальний показник виходу валової продукції – 44,8 тис. грн/га – забезпечило вирощування сорту Добродар з проведенням передпосівної обробки насіння біопрепаратом Азотофіт та комплексним застосуванням мінеральних і біологічних добрив (сьомий варіант живлення). Найменшою вартість валової продукції – 23,5 тис. грн/га – визначено у цього ж сорту без обробки насіння Азотофітом та без застосування добрив. Сортові відмінності були відносно незначними: у Запорізького богатиря та Добродару значення становили 35,2–35,3 тис. грн/га, тоді як у сорту Водограй вони були на 4,0–4,5% нижчими. Передпосівна обробка насіння Азотофітом підвищувала вартість валової продукції на 6,0–6,3 тис. грн/га та знижувала собівартість вирощування насіння на 14–15% незалежно від сорту. Виробничі витрати коливалися переважно залежно від фону живлення і були найвищими (22,2 тис. грн/га) при внесенні мінерального добрива у поєднанні з сучасними препаратами, а найнижчими – у контрольних варіантах без їх використання.

Мінімальну собівартість насіння льону – 13,6 тис. грн/т – забезпечило вирощування сорту Добродар за передпосівної обробки насіння Азотофітом та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$. Найвищу собівартість – 18,6 тис. грн/т – визначено у сорту Водограй без обробки насіння та оптимізації живлення. Умовно чистий прибуток змінювався у 2,4 рази залежно від елементів технології – від 9,4 тис. грн/га у сорту Водограй без обробки насіння і живлення до 22,5 тис. грн/га у сорту Добродар за передпосівної обробки насіння Азотофітом та найбільш оптимального варіанту живлення. Зростання чистого прибутку найбільшою мірою забезпечувала передпосівна обробка насіння Азотофітом – на 39,8–42,7% порівняно з контролем. Рентабельність вирощування сортів льону олійного у найоптимальніших варіантах перевищувала 100% і досягала максимального значення – 111,4% – у сортів Добродар та Запорізький богатир за передпосівної обробки насіння Азотофітом та внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ з позакореневим підживленням Азотофітом на початку наливу насіння. Мінімальне значення рівня рентабельності – 54,5% забезпечив сорт Водограй без обробки насіння Азотофітом за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс (фаза

4–6 листків). У середньому найвищі показники економічної ефективності визначено за вирощування сортів Добродар і Запорізький богатир у поєднанні передпосівної обробки насіння Азотофітом та внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$ із позакореневими підживленнями, зокрема Азотофітом на початку наливу насіння.

Проведеними дослідженнями визначено, що енергетична ефективність вирощування насіння льону олійного значною мірою залежала від сорту, передпосівної обробки насіння та заходів оптимізації живлення. Максимальне надходження енергії (32,0 ГДж/га) забезпечило вирощування сорту Добродар із комплексним застосуванням мінеральних добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ та біопрепаратів Органік баланс, Боропті й Азотофіт, що у 1,9 разів перевищило мінімальний показник у контрольному варіанті вирощування сорту Водограй. Передпосівна обробка насіння Азотофітом підвищувала надходження енергії на 14,3–25,0%, а застосування оптимізованих підходів до живлення збільшувало його на 46,1–51,1% порівняно з контролем. Найвищий приріст енергії (до 9,5 ГДж/га) забезпечили сорти Добродар і Запорізький богатир за поєднання біопрепаратів з мінеральними добривами, тоді як найменший (3,0 ГДж/га) визначено по сорту Водограй у контролі. Коефіцієнт енергетичної ефективності в усіх варіантах перевищував 1,0, що свідчить про доцільність запропонованих елементів технологій, а найвищі значення (1,44) забезпечило вирощування сортів Добродар і Запорізький богатир із проведенням обробки насіння перед сівбою Азотофітом та оптимізованого живлення. Енергоємність насіння коливалася в межах 14,3–16,9 ГДж/т, зменшуючись при використанні біопрепаратів, особливо в поєднанні з мінеральними добривами, що підвищувало окупність енергетичних витрат урожаєм. Таким чином, найбільш ефективною є технологія, що поєднує високопродуктивні сорти (Добродар, Запорізький богатир), передпосівну обробку насіння Азотофітом та комплексне мінерально-біологічне живлення.

Публікації за розділом 6:

1. Зелінський Ю. А. Оптимізація живлення та передпосівної обробки насіння як чинники підвищення енергетичної ефективності льону олійного в Південному Степу України. *Science and Technology: Theory, Practice and Progress: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference.* International Scientific Unity. September 3–5, 2025. Krakow, Poland. P. 13–17.

2. Зелінський Ю. А. Перспективи вирощування льону олійного в умовах зміни клімату за впровадження ресурсозберігаючих технологій. *Міжнародна науково–практична конференція «Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості».* Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції, 9 жовтня 2025 року. с-ще Полігон, Миколаївського району, Миколаївської області, Україна. Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, 2025. С. 116–119.

ВИСНОВКИ

Льон олійний є цінною культурою для національного господарства України завдяки своїм агрономічним, економічним і екологічним перевагам, експортному потенціалу. Його вирощування потребує адаптації до змін клімату, удосконалення технологій і сортової бази, розвитку ринку та переробної інфраструктури.

Ґрунтово-кліматичні умови Південного Степу України у більшості років є сприятливими для вирощування льону олійного. Проте для збільшення площ під цією культурою необхідно удосконалити основні елементи технології на засадах ресурсозбереження з добором продуктивних і адаптованих сортів.

За результатами проведених досліджень встановлено, що сумарне водоспоживання льону олійного значно обумовлюється погодними умовами року, особливостями сорту та елементами технології. Максимальним водоспоживання культури визначено у сприятливому за зволоженням 2023 році (3414 м³/га), тоді як у найпосушливішому 2024 році цей показник становив лише 1320 м³/га.

Застосування комплексного мінерального живлення та сучасних препаратів для позакореневих підживлень, особливо у поєднанні з передпосівною обробкою насіння Азотофітом знижувало коефіцієнт водоспоживання у 1,2–1,4 рази порівняно з контрольними варіантами. Більш ефективне використання вологи є запорукою отримання сталого врожаю.

Максимальних значень площа листкової поверхні рослин льону олійного досягла у фазу цвітіння. За комплексного поєднання добрив, позакореневих підживлень і передпосівної обробки насіння найвищими показниками вирізнялися сорти Добродар (26,4 тис. м²/га) та Запорізький богатир (25,8 тис. м²/га), що суттєво перевищувало контроль. Всі сорти позитивно реагували на оптимізацію живлення, особливо у сприятливому 2023 році; найнижчими значення площі листкового апарату визначені у посушливому 2024 році.

Аналогічну тенденцію визначено за приростами абсолютно сухої надземної біомаси: у контролі – 2,28 т/га, з обробкою насіння Азотофітом – 2,40 т/га, із застосуванням комплексного добрива – 2,68 т/га, а максимальних величин (3,56 т/га) досягнуто за комплексного поєднання добрив і позакореневих підживлень. Передпосівна обробка насіння Азотофітом додатково підвищувала ці показники порівняно з обробкою його водою.

Досліджувані системи живлення й передпосівна обробка насіння значно впливали на чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) та фотосинтетичний потенціал (ФП). Найвищими значення ЧПФ визначено у фазу бутонізації – цвітіння (за комплексної оптимізації живлення) – 7,68–8,05 г/м² за добу, що майже вдвічі перевищувало контроль. Використання Азотофіту для передпосівної обробки насіння також посилювало фотосинтетичну активність, особливо у критичні фази росту навіть без мінеральних добрив. Визначено тісний зв'язок між урожайністю та ЧПФ (R^2=0,7683–0,9675), що підтверджує важливість фотосинтетичної діяльності у формуванні врожаю.

Удосконалена система живлення з поєднанням $N_{15}P_{15}K_{15}$ + Органік баланс 1,0 л/га (фаза 4–6 листків) + Органік баланс 1,0 л/га + Боропті 150 г/га (початок бутонізації) + Азотофіт 0,5 л/га (початок наливу насіння). забезпечувала максимальні показники фотосинтетичного потенціалу (до 813,68 тис. м²·діб/га за обробки насіння Азотофітом).

Застосування для передпосівної обробки насіння біопрепарату Азотофіт забезпечує формування вищої врожайності насіння порівняно з обробкою водою. Максимальні рівні врожайності формували сорти Добродар (1,56 т/га), Запорізький богатир (1,54 т/га), а Водограй (1,49 т/га) за комплексної оптимізованої ресурсозберігаючої системи живлення. Усі сорти здатні забезпечити сталу продуктивність незалежно від умов року вирощування, що свідчить про їх адаптованість до посушливих умов регіону півдня України.

Найменшою кількість коробочок на рослині формувалася у контрольних варіантах. Внесення мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ та використання сучасних препаратів для позакореневих підживлень істотно підвищувало цей

показник у всіх сортів. Передпосівна обробка насіння Азотофітом також позитивно впливала як на кількість коробочок, так і кількість насінин у коробочці, які зростали за оптимізації живлення.

Маса 1000 насінин коливалася залежно від сорту: найменшою була у Водограю (7,5–7,8 г), дещо більшою у Добродару (8,1–8,4 г), а найбільшою у сорту Запорізький богатир (8,7–9,4 г). Передпосівна обробка насіння Азотофітом збільшувала масу 1000 насінин незалежно від сорту і року вирощування.

Застосування комплексного підходу до оптимізації живлення з проведенням передпосівної обробки насіння Азотофітом сприяло збільшенню вмісту жиру в насінні всіх сортів. Максимальних значень до 49,4–49,6% досягали за використання всіх елементів технології, тоді як у контролі вони склали 48,0–48,2%. Від оптимізації живлення вміст жиру зростав на 1,2–1,6%, а передпосівної обробки насіння Азотофітом – в середньому на 0,2%.

Комплексний підхід до живлення позитивно впливав і на умовний збір (вихід) олії з гектару: найбільші показники забезпечували сорти Добродар і Запорізький богатир, особливо за поєднання всіх досліджуваних елементів технології та передпосівної обробки насіння Азотофітом, що збільшувало збір олії на 0,08–0,13 т/га порівняно з контролем.

Економічні показники льону олійного значною мірою залежать від сорту, передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення. Найвищу вартість валової продукції (44,8 тис. грн/га) забезпечив сорт Добродар за обробки насіння Азотофітом та комплексного удобрення. Передпосівна обробка Азотофітом збільшувала вартість продукції на 6,0–6,3 тис. грн/га та знижувала собівартість на 14–15%. Найнижчою собівартість (13,6 тис. грн/т) визначена у сорту Добродар за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$, найвищою (18,6 тис. грн/т) – у сорту Водограй за обробки насіння водою. Умовно чистий прибуток коливався від 9,4 до 22,5 тис. грн/га, з максимальними значеннями за обробки насіння Азотофітом і оптимізованим живленням. Рентабельність у найбільш оптимальних варіантах перевищувала 100%, за максимуму – 111,4% у сортів

Добродар та Запорізький богатир. Найбільш ефективними визначено вирощування сортів Добродар і Запорізький богатир за поєднання з передпосівною обробкою насіння Азотофітом, внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$ та позакореневими підживленнями.

Дослідженнями встановлено, що найвищу енергетичну ефективність вирощування насіння льону олійного забезпечує поєднання високопродуктивних сортів (Добродар, Запорізький богатир), передпосівної обробки насіння Азотофітом та комплексного мінерально-біологічного живлення. Така технологія дозволяє отримати максимальне надходження енергії, знизити енергоємність продукції та забезпечити найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності, що свідчить про її доцільність і високу окупність витрат.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ:

З метою досягнення високої врожайності насіння льону олійного (до 1,56 т/га) та максимального вмісту жиру й умовного збору олії (до 0,77 т/га) в умовах Південного Степу України, а також забезпечення економічної та енергетичної ефективності виробництва рекомендуємо:

- Вирощувати сорти льону олійного Добродар та Запорізький богатир;
- Проводити передпосівну обробку насіння біопрепаратом Азотофіт у нормі 1,0 л/т для покращення азотного живлення і стимуляції росту;
- Вносити помірну дозу комплексного мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$ як основне удобрення під основний обробіток ґрунту;
- У фазу 4–6 листків (“ялинки”) проводити позакореневе підживлення рослин Органік балансом у нормі 1,0 л/га;
- На початку бутонізації провести повторне позакореневе підживлення Органік балансом (1,0 л/га) сумісно з борвмісним препаратом Боропті у нормі 150 г/га;

- У фазу початку наливу насіння провести позакореневе підживлення біопрепаратом Азотофіт у нормі 0,5 л/га для посилення фізіологічної активності рослин й підвищення олійності насіння.

Дотримання оптимізованої системи удобрення сприяє підвищенню врожайності та покращенню якості насіння льону олійного за кліматичних змін років вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Аверчев О. В., Сидякіна О. В. Ґрунтознавство : практикум. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 136 с.

2. Адамень Ф. Ф., Арсланова Л. Е. Вплив системи удобрення на якісні показники насіння льону олійного. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2013. № 9. С. 3–6.

3. Алієв Е. Б., Алієва О. Ю., Малєгін Р. Д. Техніко-технологічне забезпечення комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва. *Наукові горизонти*. 2020. No 7(92). С. 112–119. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-112-119.

4. Біднина І. О. Ефективність застосування мінеральних добрив на темно-каштановому ґрунті при вирощуванні льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 81. С. 28–32.

5. Біднина І. О. Приріст рослин у висоту та площа листової поверхні льону олійного залежно від умов живлення в зоні Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2006. Вип. 46. С. 120–123.

6. Біднина І. О. Продуктивність і якість льону олійного залежно від рівня мінерального живлення в умовах півдня України: автореф. дис. … канд. с.-г. наук. Херсон, 2010. 18 с.

7. Блєк О. Г. Формування ростових процесів та продуктивності льону олійного за різної норми висіву. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2015. № 8. С. 119–121.

8. Божко Л. Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Одеса, 2013. 238с.

9. Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М. Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних

виробів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. № 26(4). С. 178–189. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2020-26-4-20

10. Булигін С. Ю. Мікроелементи в сільському господарстві. 3-є вид., доп. Дніпропетровськ: Січ, 2007. 100 с.

11. В'юнцов С. М. Енергетично-економічна ефективність застосування стимулятора росту Альбіт на посівах льону-довгунця. *Наукові горизонти*. 2018. № 2. С. 75–82.

12. Веремеєнко С. І., Семенко Л. О. Сучасні проблеми деградації ґрунтів – трофічний аспект. *Наукові горизонти*. 2019. Т. 22, No 1. С. 69–75. https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-69-75.

13. Вишнівська Ю. С. Вплив системи удобрення на формування продуктивності льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2012. No 5. С. 77–78.

14. Власова О. Попит на льон відчутно зростає. URL: https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/13583-popyt-na-lon-vidchutno-zrostaie.

15. Вожегова Р. А., Рудік О. Л. Енергетичний аналіз технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня України за різних схем використання продукції. *Зрошуване землеробство*. 2018. Вип. 70. С. 64–68.

16. Вожегова Р., Боровик В., Коновалова В. Урожайність і якість насіння сортів льону олійного в Південному Степу України залежно від різних умов вирощування. *Вісник аграрної науки*. Київ. № 3. Том 98. 2020. С. 82–87. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-12.

17. Воропай Ю. В., Чигрин О. В., Поташова Л. М. Вплив передпосівної стимуляції насіння на продуктивність льону олійного. *Аграрні інновації*. 2024. No 23. С. 32–37. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.5.

18. Вплив біологічних особливостей сорту на якісні показники льону олійного в умовах Передкарпаття України / І.Ф. Дрозд та ін. *Вісник Львівського аграрного університету: Агрономія*. 2017. № 21. С. 142–147.

19. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В. Шляхи підвищення стійкості та адаптації землеробської галузі у повоєнний період. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення*:

глобальні та національні виміри: міжнародний форум, (м. Миколаїв, 01–02 червня 2023 р.). Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 31–34.

20. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О. А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. No 02(87). С. 89–101. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101.

21. Гамаюнова В. В., Задирко Р. В. Вплив макро- та мікродобрив на формування врожайності льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. No 23. С. 234–240. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.34.

22. Гамаюнова В. В., Задирко Р. В. Вплив обробки насіння та ресурсоощадного живлення на водоспоживання льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації.* 2023. № 22. С. 186–192. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.29.

23. Гамаюнова В. В., Задирко Р. В. Вплив обробки насіння та ресурсоощадного живлення на висоту рослин льону олійного в умовах Південного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 137. С. 56–62. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.7.

24. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В. Калійне живлення і його баланс в Україні та країнах світу. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 1. С. 38–49. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.6

25. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., Задирко Р. В. Формування площі листкової поверхні посівів льону олійного залежно від макро-та мікродобрив в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. No25. С. 15–19. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.2

26. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., Задирко Р. В. Формування показників якості насіння льону олійного за дії макро- та мікродобрив в умовах Південного Степу України. *Вісник Уманського національного університету*

садівництва. 2024. Вип. 104, Ч. 1. С. 343–354. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-104-1-343-354.

27. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., Хоненко Л. Г., Задирко Р. В. Окупність макро-і мікродобрив за вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України на засадах заощадження ресурсів. *Охорона ґрунтів: спеціальний випуск*. Моніторинг ґрунтів. Реалії, виклики, перспективи : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 60-річчя агрохімічної служби України, 25.07.2024 р. Київ, 2024. С. 169–173.

28. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Зелінський Ю. А., Пилипенко Т. В. Диверсифікація культур олійної групи як можливість раціонального використання природних ресурсів в зоні Південного Степу України (на прикладі Миколаївської області). *Раціональне використання природних ресурсів в умовах глобальних викликів* : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Астрая, 2025. С. 355–375. ISBN 978-617-8466-38-1.

29. 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. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-18

30. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Коваленко О. А., Бакланова Т. В., Сидякіна О. В. Ресурсоощадні заходи поліпшення родючості грунту та збільшення продуктивності рослин шляхом використання соломи. *Science in the context of innovative changes: Scientific multidisciplinary monograph*. 2024. С. 230–251.

31. Гамаюнова В., Хоненко Л., Москва І., Кудріна В., Глушко Т. Вплив оптимізації живлення на продуктивність ярих олійних культур на чорноземі південному в зоні Степу України під впливом біопрепаратів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2019. No23. С. 112–118.

32. Гончаров В. М., Зинченко Н. В. Шляхи підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. *Економіка АПК*. 2012. № 2. С. 18–21.

33. Горач О. О. Інноваційні напрями використання насіння льону олійного та екологічна безпека харчової продукції. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті* : колективна монографія. Львів-Торунь : Ліга-Прес, 2021. Ч. 2. С. 593–620.

34. Горач О. О., Домбровська О. П. Безпечність використання насіння льону для покращення якості харчових продуктів. *Якість і безпека харчових продуктів*: зб. тез V Міжнар. наук.-практ. конф., 11–12 листопада 2021 р. Київ, 2021. С. 108–109.

35. Господаренко Г. М. Агрохімія: Підручник. К.: Вища освіта: ННЦ “ІАЕ”, 2010. 400 с.

36. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т. Агроекономічні перспективи застосування азотних добрив під польові культури. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*, 2021. С. 6-16. DOI: 10.31395/2415-8240-2021-99-1-6-16

37. Господаренко С. Г. Економічна ефективність мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні. *Матеріали Всеукр. конф. молодих учених*. Умань, 2004. С. 39–40.

38. Ґрунтознавство : підручник / Д. Г. Тихоненко та ін.; за ред. Д. Г. Тихоненко. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.

39. Де і як вирощують льон в Україні. URL: https://blog.glendeal.com/ua/blog/de-i-yak-vyroshhuyut-lon-v-ukrayini

40. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 02.06.2025. URL: https://data.gov.ua/dataset/ccf95f4a-8238-4b18-a4d3-002444876325

41. Дзюбайло А. Г., Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дорота Г. М., Тимків, М. Ю. Оцінка сортів льону олійного за продуктивністю в зоні Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. С. 53–66.

42. Димитров С. Г., Саблук В. Т. Формування площі листкової поверхні рослин сільськогосподарських культур залежно від маси кореневої системи за її мікоризації. *Біоенергетика*. 2022. № 1–2. С. 29–31.

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

44. Дідора В. Г. Льонарство : підручник / В. Г. Дідора, А. С. Малиновський, О. А. Дереча та ін.; за ред. В. Г. Дідори. Житомир : Житомирський національний агроекологічний університет. 2008. 488 с.

45. Дідора В. Г., Рибак М. Ф., Шваб С. Б. Вплив елементів технології на показники якості льону олійного. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Частина 1. Агрономія. Випуск 74. Умань. 2010. С. 39–47.

46. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. К. : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

47. Дідур І. М. Динаміка формування площі листкової поверхні залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4. С. 204–216.

48. Домінська О. Я. Вплив факторів на розвиток льонарства в Україні. *Агросвіт*. 2015. № 7. С. 13–19.

49. Дорота Г. М., Шувар А. М., Терешко Р. В., Войтович Р. М. Оцінка технологічних властивостей волокна селекційного матеріалу льону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56. Ч. І. 2014. С. 32–37.

50. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / Рожков А. О. та ін. ; за ред. Рожкова А. О. Харків, 2016. 316 с.

51. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / Рожков А. О. та ін. ; за ред. Рожкова А. О. Харків, 2016. 342 с.

52. Дрозд І. Ф. Вплив біологічних особливостей сорту на якісні показники льону олійного в умовах Передкарпаття України. *Вісник Львівського аграрного університету*: Агрономія. 2017. Вип. 21. С. 142–147.

53. Дрозд І. Ф. Особливості впливу метеорологічних умов на формування господарсько-цінних ознак льону олійного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2011. № 2. С. 178–181.

54. Дрозд І. Ф., Шпек М. П. Вплив грунтово-кліматичних умов Передкарпаття України на мінливість кількісних ознак льону олійного. *Таврійський науковий вісник.* 2019. № 105. С.60–67.

55. Дрозд І. Ф., Шпек М. П., Лях В. О. Олійність насіння сортів льону в різних умовах вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2010. № 15. С. 45–48.

56. Дрозд О. М., Лісовий О. Б., Пивовар Т. М. Продуктивність нових сортів льону-довгунця залежно від доз та видів мінеральних добрив. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН.* 2017. № 4. С. 83–90.

57. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ, 2003. 170 с. (Інформація та документація).

58. ДСТУ 4811: 2007. Насіння олійних культур. Методи визначення вологості. [Чинний від 2009-01-10]. Київ, 2008. 7 с. (Інформація та документація).

59. Думич В. Дослідження ефективності застосування біопрепаратів у технології вирощування льону олійного. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2019. Вип. 24 (38). С. 296–301.

60. Думич В. Дослідження систем живлення льону олійного. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. Вип. 25 (39). 2019. С. 182–187.https://orcid.org/0000-0002-7813-5437

61. Дяченко Л. С., Бомко В. С., Сивик Т. Л. Основи технології комбікормового виробництва: навч. посібник. Біла Церква, 2015. 306 с.

62. Економіка аграрного підприємства: навчальний посібник / О. М. Петрига, Т. І. Яворська, Ю. О. Прус; за ред. О. М. Петриги, Т. І. Яворської. Мелітополь: Вид-во Мелітопольська типографія «Люкс», 2016. 498 с.

63. Жукова Т. С., Бурик О. Ю., Чучвага В. І., Деменко В. М. Вплив сортових особливостей льону-довгунця на розвиток фузаріозу та антракнозу в умовах північно-східного Полісся України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2012. Вип. 2. С. 46–52.

64. Заєць С. О., Мельник М. А. Врожайність льону олійного залежно від агрометеорологічних умов року та застосування мікробіологічних препаратів. *Аграрні інновації*. 2024. No 26. С. 34–40.

65. Заєць С. О., Нетіс В. І. Ефективність різних технологій вирощування льону олійного на півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2010. №53. С. 278–283.

66. Зелінський Ю. А. Аналіз сучасного стану та перспектив вирощування льону олійного: Україна в контексті світових змін. *Аграрні інновації*. 2025. No 29. С. 333–341. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.51.

67. Зелінський Ю. А. Вплив факторів вирощування на водоспоживання сортів льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. No 30. С. 270–276. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.37.

68. Зелінський Ю. А. Вплив ресурсозберігаючих підходів до живлення на фотосинтетичну активність сортів льону олійного. *Таврійський науковий*

вісник. № 145. Частина 1. 2025. С.127–133. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.15

69. Зелінський Ю. А. Вплив ресурсоощадного живлення на площу листкової поверхні сортів льону олійного. *Progressive Approaches in Science and Engineering*: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. July 23-25, 2025. Copenhagen, Denmark. С. 15–19. DOI: 10.70286/ISU-23.07.2025

70. Зелінський Ю. А. Вплив сортових особливостей та елементів технології вирощування на масу 1000 насінин і врожайність льону олійного в умовах змін клімату. *Ротмістровські читання частина 2: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату:* збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, (смт Хліободарське, 25 вересня 2025 року). Одеса: Одеська ДСДС ІКОСГ НААН, 2025. С. 34–39.

71. Зелінський Ю. А. Льон олійний як стратегічна культура для сталого розвитку аграрного сектору України. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри* : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 28–30 травня 2025 р.). Миколаїв: МНАУ, 2025. С. 82–84. https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-25

72. Зелінський Ю. А. Оптимізація живлення та передпосівної обробки насіння як чинники підвищення енергетичної ефективності льону олійного в Південному Степу України. *Science and Technology: Theory, Practice and Progress: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference.* International Scientific Unity. September 3–5, 2025. Krakow, Poland. P. 13–17.

73. Зелінський Ю. А. Структура врожаю та продуктивність льону олійного за оптимізації ресурсоощадного живлення в Південному Степу України. Innovative Research in Science and Economy: Collection of Scientific

Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. July 30 – August 1, 2025. Brussels, Belgium. P. 14–19. DOI 10.70286/ISU-30.07.2025

74. Зелінський Ю. А. Урожайність льону олійного залежно від передпосівної обробки насіння, сортових особливостей та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації.* 2024. No 28. С. 193–199. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.31.

75. Зелінський Ю. А., Гамаюнова В. В. Перспективи вирощування льону олійного в Україні за зміни кліматичних умов. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «*Global Trends in Science: Research, Innovation and Development*» (June 23–25, 2025. Varna, Bulgaria). European Open Science Space, 2025. P. 15–18.

76. Зелінський Ю. А. Оптимізація живлення сортів льону олійного у впливі на олійність насіння в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 2025. № 39. С. 106–115. DOI: 10.36710/IOC-2025-39-10

77. Зелінський Ю. А. Перспективи вирощування льону олійного в умовах зміни клімату за впровадження ресурсозберігаючих технологій. *Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості:* Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції, 9 жовтня 2025 року. Полігон: Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, 2025. С. 116–119.

78. Іванова А. В., Вакал С. В. Екологічне обгрунтування застосування мікроелементів у сільському господарстві. *Сучасні технології у промисловому виробництві* : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. Фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій, (м. Суми, 14–17 квітня 2015 р.). Суми : СумДУ, 2015. Ч.2. С. 194–195.

79. Каленська С. М., Столярчук Т. А. Сортові особливості формування структури врожаю та врожайності льону олійного залежно від норми висіву та ширини міжрядь. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 4, No 3. С. 302–309. https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.3.2018.145302.

80. Коваленко О. А., Федорчук М. І., Коркова М. М., Думич В. Вплив різних систем вирощування, обробітку рослинних решток, мікродобрив і бактеріальних препаратів на біометричні показники і урожайність льону масличного. Lucrări ştiinţifice. *Agronomie şi Agroecologie*. 2018. Vol. 52(1). P. 47–51. URL: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/5354

81. Кожушко М., Сало Я., Думич В., Куліш О., Шмерко О. Ефективність застосування біопрепаратів у технологіях вирощування сільгоспкультур в Західному регіоні України. *Техніка і технології АПК.* 2016. №5. С. 37–42.

82. Коновалова В. М., Сябрук Т. А., Коновалов В. О., Тищенко А. В. Використання мікробіологічних препаратів при вирощуванні сільськогосподарських культур, зокрема льону олійного. *Зрошуване землеробство.* 2020. Вип. 73. С. 175–179. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.34

83. Кононенко Л. М. Продуктивність посівів льону олійного за різних норм висіву насіння в умовах південної частини Правобережного Лісостепу. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 1 (58). Т. 1. С. 94–105.

84. Кур'ята В. Г., Ходаніцька О. О. Особливості анатомічної будови і функціонування листкового апарату та продуктивність рослин льону олійного за дії хлормекватхлориду. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2018. Vol 8. Issue 1. p 918. DOI: 10.15421/2018_294

85. Кучер І. П. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного залежно від сорту та норми висіву насіння в умовах Західного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник.* 2023. С. № 131. 119–125. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.14

86. Кучер І. П. Формування продуктивності сортів льону олійного залежно від технологічних заходів в умовах Лісостепу західного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – «Агрономія» / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець-Подільський, 2023.

87. Кучер І., Хоміна В. Урожайність та вміст жиру в насінні льону олійного залежно від біологічних та технологічних факторів в умовах Західного Лісостепу України. *SWorldJournal*. 2023. №1(20-01). С. 131–139. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-20-01-033

88. Лоборчук С. К., Дуць І. З., Корнелюк Г. Я., Орищук О. С. Ефективність позакореневих підживлень льону-довгунця комплексним водорозчинним добривом «Акварін 4». *Луб'яні та технічні культури.* 2019. № 6. С. 95–100.

89. Лозовіцький П. С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів. Навчальний посібник. К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. 276 с.

90. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) : монографія / І. А. Шевченко, В. О. Лях, О. І. Поляков, А. І. Сорока, К. В. Ведмедєва, В. М. Журавель, Ю. О. Махно, Т. Г. Товстановська, Г. І. Буділка ; Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.

91. Ляльчук П. П. Порівняльна характеристика сортів льону олійного за вирощування в умовах Західного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2020. Vol. 16. № 1. С. 55–62. https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.201350.

92. Ляльчук П. П., Бахмат М. І., Макарчук Б. М. Формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах Західного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*.

2023. Т. 19, № 4. С. 254–261. URL: http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001455531.

93. Майдебура О. П., Корильчук Н. І., Борисюк І. Ю. Есенціальні олії рослин та механізми їхньої фізіологічної та біохімічної дії на організм. *Вісник морської медицини.* 2021. Вип. 4(93). С. 94–99. URL: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5820537.

94. Маковей Ю. Вирощування льону – чи можлива альтернатива соняшнику. Kurkul: онлайн-асистент фермера : веб-сайт. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/1413-viroschuvannya-lonu--chi-mojliva-alternativa-sonyashniku (дата звернення: 10.02.2023).

95. Масляний О. А льон цвіте синьо, синьо і на Півдні України. *Пропозиція.* 2003. No 2. С.40–41.

96. Махно Ю. Льон олійний: технологія вирощування, насіння, економіка. Поради фахівців. URL: https://superagronom.com/articles/359-lon-oliyniy-tehnologiya-viroschuvannya-nasinnya-ekonomika-poradi-fahivtsiv

97. Махно Ю. О., Лях В. О., Товстановська Т. Г., Сагайдак Є. О. Методи та напрями селекційної роботи з льоном олійним в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, Вип. 19. 2013. С. 18–25.

98. Махова Т. В., Поляков О. І. Вплив агроприйомів вирощування на елементи продуктивності та врожайність льону олійного сорту Ківіка. *Науково-технічний бюлетень ІОК НААН*. 2013. Вип. 18. С. 113–117.

99. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К. : Урожай, 1988. 208 с.

100. Мельник М. А., Заєць С. О. Динаміка росту рослин льону олійного залежно від мікробіологічних препаратів. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри* : доповіді учасників міжн. наук.-практ. конф., 30–31 травня 2024 р. Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 57–61.

101. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива на обробіток ґрунту / Пивовар В. С. та ін. К. : НДІ Украгропром-продуктивність, 2010. 584 с.

102. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива на сівбі, садінні та догляді за посівами / Пивовар В. С. ін. К. : Украгропром-продуктивність, 2010. 192 с.

103. Методичні рекомендації для сільгосптоваровиробників Миколаївщини з проведення агроекологічного вивчення та розроблення економічного обґрунтування трансферу нішевих олійних культур в агропромисловому комплексі Миколаївської області / В. В. Гамаюнова, Т. В. Бакланова, Л. Г. Хоненко, Ю. А. Зелінський, Т. В. Пилипенко. с-ще Полігон: ДУ Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, 2025. 25 с.

104. Мойсієнко В., Янішевський Л., Маційчук В. Густота стеблестою та вологозабезпеченість рослин льону олійного. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2014. No 2 (1). С. 144–153.

105. Мороз Г. Б., Бібік М. О. Деякі морфологічні особливості чорноземів південних залишково- та слабосолонцюватих Північно-західного Причорномор'я. *Science and Scientists*. 2015. No 21. С. 39–41.

106. Насіння олійне. Визначення вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета. ДСТУ 7577:2014. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 10 с.

107. Науково-практичний довідник по обґрунтуванню поелементних нормативів трудових, грошово-матеріальних та енергетичних витрат на виробництво зернових культур / Черенков А. В. та ін. ; за ред. А. В. Черенкова та В. С. Рибки. Дніпропетровськ : ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2014. 180 с.

108. Оккерт А. В., Поляков О. І., Нікітенко О. В. Водоспоживання льону олійного під впливом регуляторів росту рослин за різних способів основного обробітку ґрунту в умовах Південного Степу України. *Рослинництво, селекція*

і насінництво, плодоовочівництво і зберігання. 2024. Вип. 2. С. 53–66. DOI: 10.5281/zenodo.14609855.

109. Онопрієнко О. В., Онопрієнко О. М. Інновації у харчових технологіях. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., 3–4 листопада 2022 р. Черкаси : ЧДТУ, 2022. С. 138–142.

110. Онюх Ю. М., Дідух В. Ф., Тараймович І. В. Дослідження умов вирощування льону олійного. *Сільськогосподарські машини*. 2016. № 34. С. 104–110.

111. Писаренко П. В., Антонец А. С., Писаренко В. М. Методичні рекомендації з основ органічного землеробства для фермерів (досвід ПП «Агроекологія»). / Громад. орг. «Центр природного землеробства». Полтава: Гонтар О. В., 2013. 60 с.

112. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України. Київ : Аграрна наука, 2005. 300 с.

113. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Кауненко Ю. В. Агрокліматична оцінка продуктивності олійного льону в українському Поліссі в умовах зміни клімату. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2022. № 1(40). С. 126–133. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.23

114. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Махно О. О. Вплив додаткового живлення та системи основного обробітку ґрунту на формування продуктивності льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 198–207.

115. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Махно О. О. Вплив агроприйомів вирощування на водоспоживання льону олійного сорту водограй. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. С. 117–124.

116. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Оккерт А. В. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування льону олійного залежно від

агроприйомів. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. 2024. № 36. С.139–151. DOI: 10.36710/IOC-2024-36-12

117. Полякова І. О. Селекційна оцінка сортових ресурсів льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 27. С. 79–87. URL: doi:10.36710/ioc-2019-27-09.

118. Полякова І. О., Товстяновська Т. Г. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*. 2007. № 1. С. 156–157.

119. Прокопенко Е. В., Прокопенко Н. А. Агроекологічні особливості росту льону олійного. The 12th International scientific and practical conference "*Modern research in science and education*" (July 25–27, 2024) BoScience Publisher, Chicago, USA, 2024. С. 8–12.

120. Ровна О. В. Продуктивність льону олійного залежно від позакореневого підживлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2014. №9. С. 97–100.

121. Рудік Н. М. Економічний потенціал виробництва льону олійного в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 2. С. 61–68. DOI: 10.32702/2306-6792.2020.2.61.

122. Рудік О. Л. Агроекологічне обґрунтування та розробка базисних елементів технології вирощування льону олійного подвійного використання в умовах півдня України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09 / ДВНЗ «Херсонський держаний аграрний університет». Херсон, 2019. 504 с.

123. Рудік О. Л. Вплив вологозабезпечення на процеси росту та розвитку сортів льону в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 98. С. 113–121.

124. Рудік О. Л. Наукові основи формування технології вирощування льону олійного в умовах Півдня України : монографія. Херсон : Айлант, 2018. 188 с.

125. Рудік О. Л. Формування урожаю льону олійного залежно від терміну посіву та норми висіву в зоні сухого Степу України. *Таврійський науковий вісник.* 2016. № 95. С. 79–86.

126. Рудік О. Л., Вожегова Р. А. Вплив заходів передзбирального комплексу на втрату вологи посівами льону олійного в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 4. С. 62-67. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-4(100)-9.

127. Рудік О. Л., Заєць С. О., Онуфран Л. Особливості споживання елементів живлення льону олійного за різних умов вологозабезпечення в зоні сухого степу України. *Аграрні інновації*. 2020. № 1 С. 69–73. URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.11.

128. Рудік О. Л., Онуфран Л. І. Ресурсоощадні технології вирощування льону олійного в системі адаптації до кліматичних змін зони недостатнього зволоження. Chapter 11. Publishing House “Baltija Publishing”. 2021. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-11.

129. Рябчун Н. Фотосинтез та врожайність зернових культур. *Пропозиція*. 2013. № 3. С. 1–4.

130. Сидякіна О. В. Сучасний стан родючості ґрунтів півдня України та шляхи його покращення. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку* : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., 7 червня 2019 р. Київ, 2019. С. 216–218.

131. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 196–204. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.25.

132. Слісаренко Н. О., Сало Л. В. Вплив мінеральних добрив на врожайність льону олійного сорту надійний. *Збірник наукових праць*. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 50–52.

133. Сябрук Т. А., Коновалова В. М., Казновський О. В., Рудік О. Л. Формування урожайності льону олійного при застосуванні біологічних препаратів в зоні Південного Степу України. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. No 30. С. 96–104. https://doi.org/10.36710/ioc-2021-30-10.

134. Сябрук Т. А., Коновалова В. М., Левенець Т. П., Рудік О. Л. Вплив біологічних препаратів на продуктивність льону олійного в умовах Південного Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Вип. 34. С. 61–68. https://doi.org/110.35868/1997-3004.34.61-68.

135. Тігова А. В., Сорока А. І., Дульнев П. Г. Спрямованість генетичних змін під впливом нових похідних диметилсульфату у льону олійного. *Цитологія і генетика*. 2022. Вип. 56, No 1. С. 46–56.

136. Товстановська Т. Г. Полякова І. О. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*. 2007. №1(15). С. 156–157.

137. Товстановська Т. Г., Ніконова В. М., Лях В. О. Порівняльна характеристика сортів льону олійного за господарськими ознаками в умовах Південного Степу України. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS.* 2022. No 33. С. 75–86. https://doi.org/10.36710/IOC-2022-33-08.

138. Третяк А. М., Бобміндра Д. І. Земельні ресурси України та їх використання. Київ : ТОВ «ЦЗРУ», 2003. 143 с.

139. Удова Л. О., Прокопенко К. О. Нішеві культури – нові перспективи для малих суб'єктів господарювання в аграрному секторі. *Економіка і прогнозування.* 2018. № 3. С. 102–117.

140. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду: навчальний посібник. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 448 с.

141. Ушкаренко В. О., Лазер П. Н., Рудік О. Л. Особливості елементів технології вирощування льону олійного в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2014. No 80, Ч. 2. С. 198–202.

142. Ушкаренко В.О., Лазер П.Н., Минкін М.В., Минкіна А.О. Ефективність використання води рослинами льону олійного залежно від водозабезпеченості. *Таврійський науковий вісник*. 2005. № 41. С. 3-8.

143. Харченко О. В., Прасол В. І., Петренко Ю. М. До проблеми аналітичної оцінки ефективності мінеральних добрив та екологічних обмежень їх норми. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. № 82. 50–54.

144. Ходаніцька О. О. Вплив регуляторів росту на мінеральне живлення рослин льону олійного. *Сучасні проблеми біологічної науки та методика її викладання у закладах вищої освіти* : зб. наук. пр. звітної наук. конф. викладачів за 2017–2018 н.р. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. С. 87–100.

145. Ходаніцька О. О. Вплив регуляторів росту рослин на морфогенез і продуктивність рослин льону олійного. *Актуальні проблеми сучасної біології та методики її викладання* : зб. наук. пр. звітної наук. конф. викладачів за 2016–2017 н.р. Вінниця, 2017. С. 25–40.

146. Ходаніцька О. О. Вплив регуляторів росту рослин на формування стебла льону олійного. *Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук. Основні наукові проблеми та перспективи дослідження* : зб. наук. пр. ВДПУ. Вінниця, 2018. Вип. 16 (21). С. 56–58.

147. Ходаніцька О. О. Проростання насіння льону за дії регуляторів росту. *Актуальні питання сучасної біологічної науки та методики її викладання* : зб. наук. пр. звітної наук. конф. викладачів за 2020–2021 н.р. Вінниця, 2021. С. 4–10.

148. Ходаніцька О. О., Кур'ята В. Г. Дія хлормекватхлориду і трептолему на морфогенез, продуктивність та жирнокислотний склад насіння льону олійного. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 148 с.

149. Цуркан О. І., Біланчин Я. М. Сольовий та карбонатний режими чорноземів південних в умовах краплинного зрошення. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2018. Т. 23, Вип. 2. С. 55–68. https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2(33).146633.

150. Чехов А. В., Лапа О. М., Міщенко Л. Ю., Полякова І. О. Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування. К., 2007. 55 с.

151. Чехова І. В. Формування та розвиток ринку олійних культур: теорія, методологія, практика : монографія. Київ : Аграрна наука, 2021. 144 с.

152. Чехова І. В., Чехов С. А., Шкурко М. П. Вітчизняний ринок льону. *Економіка України*. 2017. №1. С. 52–63.

153. Чехова І. В. Висвітлення виробництва сучасних сортів льону олійного в україні через призму технологічних і економічних переваг. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. 2024. № 36. С. 153–162. DOI: 10.36710/IOC-2024-36-13

154. Чехова І. Світові тенденції розвитку ринку олійних культур. *Економічний дискурс.* 2020. Випуск 3. С. 54–62. URL: https://doi.org/10.36742/2410-0919-2020-3-6

155. Шваб С. Б., Рибак М. Ф., Дема В. М. Вплив густоти посіву і мінеральних добрив на якісні показники льону олійного. *Вісник ДАЕУ*. 2008. No 1(22). С. 96–101.

156. Шепель А. В., Чернишова Є. О. Льон олійний як попередник круп'яних культур у проміжних посівах в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2012. №80. С. 166–170.

157. Шеремет Ю. В. Фотосинтетична продуктивність льону олійного в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2014. №3. С. 78–80.

158. Шеремет Ю. В., Маційчук В. М. Екологічна пластичність сортів льону олійного. *Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2012. №14. С. 530–533.

159. Шувар А. М. Вплив строків сівби сортів льону олійного на продуктивність за різних норм висіву. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 28. С. 160–167. DOI: 10.36710/IOC-2019-28-16.

160. Шувар А. М. Вплив форм азотних добрив на продуктивність льону олійного в умовах Лісостепу Західного. *Науково-технічний бюлетень інституту олійних культур НААН*. 2018. № 26. С. 108–114. DOI: 10.36710/ioc-2018-26-12

161. Шувар А. М. Вплив форм азотних добрив на продуктивність льону олійного. *Журнал агроном*. 2025. №2. https://www.agronom.com.ua/vplyv-form-azotnyh-dobryv-na-produktyvnist-lonu-olijnogo/

162. Шувар А. М. Продуктивність льону олійного залежно від агротехнічних чинників в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. № 54 (2). С. 120–123.

163. Шувар А. М., Дзюбайло А. Г. Продуктивність сортів льону-довгунцю за впливу рістрегулюючих препаратів та комплексних мікродобрив в умовах зміни клімату. *Луб'яні та технічні культури*. 2020. Вип. 8(13). С. 15–22.

164. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дзюбайло А. Г. Продуктивність льону олійного залежно від впливу біопрепаратів та комплексних мікродобрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (1). С. 142–156. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-1-9.

165. Шувар А. М., Шувар І. А., Рудавська Н. М. Роль метеорологічних чинників у формуванні продуктивності льону-довгунцю в умовах Лісостепу Західного та Полісся. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 93–100. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.15

166. Шувар А., Сало Я. Застосування комплексних мікродобрив та біопрепаратів за органічного виробництва льону олійного. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України* (Jan 2022). No. 29(43). http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29(43)-17

167. Юник А. В. Особливості вирощування льону олійного. *Пропозиція*. 2015. №11. С. 76–80.

168. Юник А. В. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного (*Linum usitatissimum* L.) залежно від технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. С. 12–12. https://doi.org/10.47414/na.7.2019.204840

169. Янішевський Л. І., Маційчук В. М. Фотосинтетична діяльність сортів льону олійного залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2013. Випуск 15. С. 167–172.

170. Alam M. P., Shabnam S. Effect of Pre and Post-Emergence Herbicides on Yield, Economics and Weed Control in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Under Irrigated Medium Land Condition of Jharkhand. *International Journal of Plant & Soil Science.* 2021. Vol. 33, No. 20. P. 110–118. https://doi.org/10.9734/IJPSS/2021/v33i2030637

171. Amangaliev B. M., Zhusupbekov E. K., Malimbaeva A. Z., Batyrbek M., Rustemova K. U., Tabynbayeva L. K. Dynamics of fertility indicators of light-chestnut soil and oil flax productivity under bogarian conditions of Southeast Kazakhstan. *SABRAO J. Breed. Genet.* 55(6): 2023. P. 2195–2206. http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.30.

172. Araus J. L., Cairns J. E. Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends in Plant Science*, 19(1), 2014. P. 52–61. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.09.008

173. Balogh J. M., Jámbor A. The environmental impacts of agricultural trade: A systematic literature review. *Sustainability.* 2020. Vol. 12, №. 3. P. 1152. https://doi.org/10.3390/su12031152

174. Basch E., Mphil S. B., Collins J., Dacey C., Harrison M., Szapary P. Flax and flaxseed oil (Linum usitatissimum): a review by. *J Soc Integr Oncol*. 2007. Vol. 5(3). P. 92–105.

175. Benyam A. A., Soma T., Fraser E. Digital agricultural technologies for food loss and waste prevention and reduction: Global trends, adoption opportunities and barriers. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 323. P. 129099. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129099

176. Blum A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops*

Research, 2009. Vol. 112(2–3). C. 119–123. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.03.009Get rights and content

177. Chen S., Lin B., Li Y., Zhou S. Spatial and temporal changes of soil properties and soil fertility evaluation in a large grain-production area of subtropical plain, China. *Geoderma.* 2020. Vol. 357. P. 113937. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113937.

178. Choudhury Debapriya, Tarafdar Santanu, Dutta Sikha. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and their eco-friendly strategies for plant growth regulation: a review. *Plant Science Today*. 2022. DOI: 10.14719/pst.1604.

179. Choudhry A., Sharma A., Khan T. A., Chaudhry S. A. Flax seeds based magnetic hybrid nanocomposite: An advance and sustainable material for water cleansing. *Journal of Water Process Engineering*. 2021. Vol. 42, P. 102150. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102150

180. Cui Z., Yan B., Gao Y., Wu B., Wang Y., Wang H., Xu P., Zhao B., Cao Z., Zhang Y., Xie Y., Hu Y., Ma X., Niu J. Agronomic cultivation measures on productivity of oilseed flax: A review. *Oil Crop Science*. 2022. Vol. 7, №. 1. P. 53–62. https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2022.02.006

181. Dawood M. G., Sadak M. S., Abdallah M. M. S., Bakry B. A. Influence of biofertilizers on growth and biochemical aspects of flax cultivars grown under sandy soil conditions. *Bulletin of the National Research Centre*. 2019. Vol. 43. P. 81. DOI: 10.1186/s42269-019-0122-x.

182. Diederichsen A., Raney J. P. Seed colour, seed weight and seed oil content in Linum usitatissimum accessions held by Plant Gene Resources of Canada. *Plant Breed*. 2006. Vol. 125. № 4. P. 372–377.

183. Fathallah K., Abid M. A., Ben Hadj-Alouane N. Enhancing energy saving in smart farming through aggregation and partition aware IoT routing protocol. *Sensors*. 2020. Vol. 20(10). P. 2760. https://doi.org/10.3390/s20102760

184. Goyal A., Sharma V., Upadhyay N., Gill S., Sihag M. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and*

Technology, 51(9), 2014. P. 1633–1653. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9

185. Hamayunova V., Khonenko L., Baklanova T. Diversification of oil crops in the Southern steppe of Ukraine: adaptation to climate changes and environmental conditions. *Technology Audit and Production Reserves*. 2025. Vol. 1(3(81). P. 69–74. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.323953

186. Hayes M. H., Swift R. S. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. Advances in Agronomy. 2020. Vol. 163. C. 1–37. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.05.001.

187. Heller K., Byczyńska M. The impact of environmental factors and applied agronomy on quantitative and qualitative traits of flax fiber. *Journal of natural fibers*. 2015. Vol. 12(1). P. 26–38. https://doi.org/10.1080/15440478.2013.879088

188. Horrilloa A., Escribanoa M., Mesiasb F. Is there a future for organic production in high ecological value ecosystems. *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 143. P. 114–125.

189. IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. 2021. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

190. IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023.

191. Jiang D., Chen M., Zhang F. Synergistic effects of nitrogen and phosphorus on linseed yield and nutritional composition. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(12). 2995 p. DOI: 10.3390/agronomy13122995

192. Jurjescu A. L., Gelati R., Lazar A., Mateoc T., Băneş A., Raicov M., Mateoc-Sîrb N. Economic importance of organic flax cultivation in western Romania. *Agricultural Management: Lucrari Stiintifice*. *Seria I. Management Agricol.* 2020. Vol. 22(2). P. 59.

193. Kashinath Dandoti, NM Shakuntala, Sangeetha Macha, SN Vasudevan. Effect of seed polymer coating with micronutrients on growth, seed yield and quality of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Int J Chem Stud* 2017. Vol. 5(5). P.1879–1883.

194. Khan M. N., Mohammad F., Siddiqui M. H. Pre-sowing seed treatment and foliar application of gibberellic acid improve seed and fibre yield by inducing net photosynthetic rate and carbonic anhydrase activity of linseed genotypes. *International Journal of Plant Developmental Biology*. 2009. Vol. 3. P. 34–38.

195. Khusainov A., Skipin L., Kyzdarbekova G., Khusainova R., Kakabaev A. The Sprouting Activity of Oil Flax Seeds after Treatment with a Preparation Made of Bottom Ash and Technical Carbon. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, No. 3. P. 192–201. http://dx.doi.org/10.12911/22998993/118279.

196. Koçak Mehmet, Kumlay Ahmet, Mehmet, Alma. Morphological and molecular characterization of flax (Linum usitatissimum L.) accessions obtained from different locations in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2023. 70. DOI: 10.1007/s10722-023-01589-6.

197. Kole C. et al. *Genomic Designing of Climate-Smart Cereal Crops*. Springer. 2015.

198. Laekemariam F., Kibret K. Explaining soil fertility heterogeneity in smallholder farms of southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. 2020. Vol. 2020(1). P. 6161059. https://doi.org/10.1155/2020/6161059.

199. Lafond G., Irvine B., Johnston A., May William, McAndrew DW, Shirtliffe, Steven & Stevenson, F. Impact of agronomic factors on seed yield formation and quality in flax. Canadian Journal of Plant Science. 2008. Vol. 88. P. 485–500. 10.4141/CJPS07112. DOI: 10.4141/CJPS07112.

200. Lialchuk P. P., Bakhmat M., Makarchuk B. M. Formation of yield and seed quality of linseed varieties (*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Vol. 19(4). 254–261. https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291228.

201. Liu J., Wang H., Rahman S., Sriboonchitta S. Energy efficiency, energy conservation and determinants in the agricultural sector in emerging economies. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, No. 8. P. 773. https://doi.org/10.3390/agriculture11080773

202. Mirzoiev T. Сучасний стан і перспективи виробництва нішевих технічних культур. *Actual Problems in Economics*. 2024. Vol. 271. C. 6–14.

203. Moudood A., Rahman A., Öchsner A., Islam M., Francucci G. Flax fiber and its composites: An overview of water and moisture absorption impact on their performance. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2019. Vol. 38(7). C. 323–339. https://doi.org/10.1177/0731684418818893.

204. Nakashidze N. A., Kiknadze N. O., Alasania N. S., Jashi D. G., Lominadze S. The Concentration of Macro and Micro Elements in Open and Closed GroundSoils in the Territories of Adjara Region. *International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*: SGEM. 2020. Vol. 20(5.1). P. 787–792. https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.099.

205. Nguemezi C., Tematio, P., Yemefack M., Tsozue D., Silatsa T. B. F. Soil quality and soil fertility status in major soil groups at the Tombel area, South-West Cameroon. *Heliyon.* 2020. Vol. 6(2). P. 3432. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03432.

206. Nikolov B., Petrova S., Velcheva I., Angelov N., Valcheva E., Zaprianova P., Hristozova G., Varbanova E., Georgieva D., Stefanova V. Macro and microelements content of urban soils from Plovdiv (Bulgaria). *Scientific Papers. Series A. Agronomy.* 2020. Vol. 63, No. 1. P. 104–111.

207. Okur B., Örçen N. Soil salinization and climate change. Climate change and soil interactions. Elsevier. 2020. P. 331–350. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00012-6.

208. Omer B. A., Mahmood B. J. Impact of nano and mineral fertilizers on quality and medical properties of flax oil. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 55(4). P. 1544–1556. DOI: 10.36103/6tnpw950.

209. Omer B. A., Mahmood B. J. The influence of manganese foliar spraying on flax development. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences.* 2024. Vol. 55(4). P. 1540–1548.

210. Ondrasek G., Rengel Z. Environmental salinization processes: Detection, implications & solutions. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 754. P. 142432. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142432.

211. Pagliacci F., Defrancesco E., Mozzato D., Bortolini L., Pezzuolo A., Pirotti F., Pisani E., Gatto P. Drivers of farmers' adoption and continuation of climate-smart agricultural practices. *A study from northeastern Italy. Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 710. P. 136345. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136345.

212. Pahalvi H. N., Rafiya L., Rashid S., Nisar B., Kamili A. N. Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers*. 2021. Vol. 2: Ecofriendly tools for reclamation of degraded soil environs. P. 1–20. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-61010-4.

213. Rahman A. et al. Increasing Flax Crop Performance and Oil Content with Phosphorus and Foliar Zinc Supplementations. *Gesunde Pflanzen.* 2023. 75. P. 2773–2783. DOI:10.1007/s10343-023-00906-4.

214. Rubilar M., Gutiérrez C., Verdugo M., Shene C., & Sineiro J. Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2010. Vol. 10(3). P. 373–377. https://doi.org/10.4067/S0718-95162010000100010.

215. Shaik Sameer, Vikram Singh, Dhananjay Tiwari and Shruti G George. Effect of Nitrogen and Phosphorus levels on growth and yield of Linseed (Linum usitatissimum L.). *The Pharma Innovation Journal.* 2021. Vol. 10(10). P. 1833–1836 https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i10z.8442.

216. Simkin A. J., Lopez-Calcagno R. E. Raines C. A. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable grop production photosynthetisis. *Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 70(4). P. 1119–1140. https://doi.org/10.1093/jxb/ery445.

217. Singh A. Soil salinization management for sustainable development: A review. Journal of environmental management. 2021. Vol. 277. P. 111383. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111383.

218. Sood N. et al. Effect of Nutrient Management Practices and Varieties on Yield, NPK Uptake in Linseed. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2020. Vol. 9(12). P. 250–255. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.912.033.

219. Sydiakina O., Ivaniv M. Productivity of soybean varieties of different maturity groups depending on plant density under drip irrigation in the South of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(11). P. 100–110. https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.100.

220. Ugile S. K, Kausadikar H. K, Patil V. D, Syed Ismile, Jadhav SM and Bhosale A. R. Effect of macronutrients and priming of micronutrients on growth parameter, yield and grain quality of linseed. *J Pharmacogn Phytochem*. 2020. 9(6). P. 2089–2094.

221. Vikram N., Sagar A., Gangwar C., Husain R., Kewat R. N. Properties of humic acid substances and their effect in soil quality and plant health. *Humus and Humic Substances-Recent Advances.* Intech Open. 2020. https://doi.org/10.5772/intechopen.105803.

222. Wakudkar P. J. et al. Effect of Nutrient Management on Yield and Economics of Linseed. *International Journal of Research in Agronomy*, SP-7(7). 2024. P. 487–489. https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i7Sg.1087.

223. Xie Y., Li Y., Qi Y., Lv Z. Effects of Phosphorus Supply on Seed Yield and Quality in Flax. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(12). P. 3225. DOI: 10.3390/agronomy12123225.

224. Yilmaz G., Altuntaş E. Some bio-technical properties of flax seeds, fennel seeds and harmal seed capsules. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research.* 2020. Vol. 1, No. 2. P. 222–232. https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.001.

225. Zharkikh O. A., Dmitrevskaya I. I., Seregina I. I. Use of complex microfertilizers to improve seed quality in flax. *Brazilian Journal of Biology*. 2024. Vol. 85. e287276. DOI:10.1590/1519-6984.287276.

226. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World. 4th edition. Oxford University Press. 2012 https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001.

ДОДАТКИ

Акт

впровадження науково-технічної розробки

Автор розробки (організація): **Зелінський Юрій Андрійович**

(ДУ "Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН")

Назва розробки: Розробка ресурсоощадного живлення льону олійного в умовах ФГ «Синюха» Баштанського району Миколаївської області.

Коротка характеристика роботи	Результати впровадження
Упродовж 2025 року в умовах ФГ «Синюха» було впроваджено елемент вирощування льону олійного, а саме оптимізація живлення культури на засадах заощадження ресурсів. На вирощування взято 2 сорти: Водограй та Запорізький богатир. Перед сівбою насіння льону олійного обробляли Азотофітом у нормі 1,0 л/т для покращення азотного живлення та стимуляції росту. У фазу 4-6 листків проводили позакореневе підживлення рослин Органік балансом 1,0 л/га, а на початку бутонізації проводили позакореневе підживлення Органік балансом 1,0 л/га та Боропті 150 г/га. У фазу початку наливу насіння в період активного транспорту асимілянтів у генеративні органи проводили позакореневе підживлення Азотофітом 0,5 л/га.	Площа, га: по 3,5 га під кожен сорт.
	Урожайність насіння льону олійного у виробничих умовах господарства за прийнятою технологією: сорту Водограй – 0,84 т/га, а Запорізький богатир – 0,88 т/га.
	Урожайність насіння льону олійного за рекомендованої нами оптимізації живлення: за сортами склала відповідно: 0,99 та 1,03 т/га.
	Приріст урожайності склав по 0,15 т/га.
	Економічний ефект від впровадження: рівень рентабельності за прийнятої в господарстві технології - 69,8% за рекомендованою нами технологією: рівень рентабельності склав 81,8%.

Акт участі у фінансових операціях не приймає.

Представник господарства:

Голова ФГ «Синюха» _____ Кабак Віталій Сергійович

Представник автора розробки:

в.о. директора ДУ "Миколаївська ДСДС ІКОСГ НААН" _____ Зелінський Юрій Андрійович

Акт
Впровадження науково-технічної розробки

Автор розробки (організація) **Зелінський Юрій Андрійович**
(ДУ "Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН")

Назва розробки: Удосконалення підходів до живлення льону олійного на засадах ресурсозбереження для умов Державного підприємства "Дослідне господарство "Еліта" МДСДС ІКОСГ НААН".

Коротка характеристика роботи	Результати впровадження
Упродовж 2024 року в умовах ДП "ДГ "Еліта" МДСДС ІКОСГ НААН" впроваджували удосконалення оптимізації живлення сортів льону олійного на засадах заощадження ресурсів. На вирощування взято 2 сорти: Водограй та Добродар. Перед сівбою насіння льону олійного обробляли Азотофітом у нормі 1,0 л/т для покращення азотного живлення та стимуляції росту. У фазу 4–6 листків проводили позакореневе підживлення рослин Органік балансом 1,0 л/га, а на початку бутонізації проводили позакореневе підживлення Органік балансом 1,0 л/га та Боропті 150 г/га. У фазу початку наливу насіння в період активного транспорту асимілянтів у генеративні органи проводили позакореневе підживлення Азотофітом 0,5 л/га.	Площа, га: по 2,5 га під кожен сорт. Урожайність насіння льону олійного у виробничих умовах господарства за прийнятою технологією: сорту Водограй – 0,71 т/га, а Добродар – 0,87 т/га. Урожайність насіння льону олійного за рекомендованої оптимізації живлення: за сортами склала відповідно: 1,04 та 1,16 т/га. Приріст урожайності склав по сорту Водограй 0,33, а Добродар – 0,29 т/га. Економічний ефект від впровадження: рівень рентабельності за прийнятої в господарстві технології – 71,9% за рекомендованою нами технологією: рівень рентабельності склав 88,7%.

(фінансовими відносинами не являється)

Представник господарства:
Директор ДП "ДГ "Еліта"
МДСДС ІКОСГ НААН" **Андрій ДМИТРЕНКО**

В.о. директора ДУ "Миколаївська
ДСДС ІКОСГ НААН" **Юрій ЗЕЛІНСЬКИЙ**

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 09:23:21 26.05.2026

Назва файлу з підписом: Зелінський Ю.А. дисертація.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 3.6 МБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Зелінський Ю.А. дисертація.pdf
Розмір файлу без підпису: 4.3 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ЗЕЛІНСЬКИЙ ЮРІЙ АНДРІЙОВИЧ
П.І.Б.: ЗЕЛІНСЬКИЙ ЮРІЙ АНДРІЙОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 3437514335
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 09:23:20 26.05.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000003E2856016E879C07
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.04.06 13:00