

**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ЛОТОЦЬКИЙ ОЛЕКСІЙ ВСЕВОЛОДОВИЧ**

УДК 633.854.54: 633.521: 631.5

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО 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

\_\_\_\_\_ О.В. Лотоцький

Науковий керівник: **РУДІК ОЛЕКСАНДР ЛЕОНІДОВИЧ**,  
доктор сільськогосподарських наук, професор

Одеса – 2026 р.

## АНОТАЦІЯ

**Лотоцький О.В. Ефективність елементів біологізації технології вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю Н1 «Агрономія». – Заклад вищої освіти «Одеський державний аграрний університет», Одеса, 2026 р.

Дисертаційна робота містить результати трирічних досліджень з агроекологічного обґрунтування запровадження в технологію вирощування льону олійного в посушливих умовах Півдня України елементів біологізації – біологічних препаратів, що проявляють живильну, рістстимулюючу, антистресову, опосередковано захисну та комплексну дії. Здійснено оцінку впливу вітчизняних та закордонних біопрепаратів на ефективність використання культурою вологи та елементів живлення, динаміку ростових процесів, фотосинтетичну активність, формування елементів індивідуальної продуктивності рослин, кількісні і якісні показники урожаю.

Встановлено, що в умовах Півдня України обробка посівного матеріалу культури біологічними препаратами не проявляє вагомого впливу на сумарне водоспоживання змінюючись за рахунок ґрунтових запасів вологи. При інокуляції насіння біо-препаратами встановлено зменшення коефіцієнту водоспоживання із 2498 до 2268 м<sup>3</sup>/т. Внесення мінеральних добрив забезпечує ощадливіше використання вологи, що відображає зменшення коефіцієнту водоспоживання із 2498 до 1991 м<sup>3</sup>/т.

Інокуляція насіння та застосування мінеральних добрив на 1-4 доби подовжує вегетацію культури, збільшує показники лінійного росту, площу листя, сприяє накопиченню сухої наземної маси рослин, збалансованому формуванню структурних елементів індивідуальної продуктивності рослин, і як наслідок на величину та якість урожаю.

Дослідженнями встановлено, що передпосівна інокуляція насіння культури комплексами біологічних препаратів Екориз (1 л/т) + Ендофіт (1 л/т) та Аверком-Н (0,1 л/т) + Фітовіт (0,1 л/т) забезпечує урожайність насіння 10,15 та 10,01 ц/га, що перевищує контроль на 14,7 та 13,1%. Умовний збір олії з одиниці площі на означених варіантах, становить 376 та 369 кг/га, та перевищує контроль на 21,8 – 23,9%.

Використання біологічних азот-фіксуючих препаратів Азотофіт-р та Екориз підвищує урожайність льону олійного до 9,86 та 9,71 ц/га., що відповідає 10,5 та 8,9% прибавки. За приблизними розрахунками застосування біопрепаратів Азотофіт-р та Екориз відповідає внесенню мінеральних азотних добрив нормами відповідно  $N_{20,6}$  та  $N_{18,2}$ . Умовний вихід олії з одиниці площі на варіантах інокуляції Азотофіт-р становить 341 кг/га; а застосування препарату Екориз 336 кг/га, що перевищує контроль на 11,8 та 10 %.

Використання для інокуляції насіння препарату фосфат-мобілізуючої дії Біофосфорин проявляє позитивний вплив, підвищуючи урожайність відносно контролю на 6,7%, до 9,45 ц/га. та забезпечуючи вихід олії – 334 кг/га. За результатами приблизних розрахунків інокуляція насіння препаратом Біофосфорин відповідає внесенню 18,6 кг/га діючої речовини мінерального фосфору. Суміне застосування біопрепарату Біофосфорин з внесенням мінеральних фосфорних добрив має переваги порівняно із окремим їх застосуванням. Технологічний комплекс  $P_{15}$  + Біофосфорин забезпечує підвищення урожайності відносно контролю на 9,2% а варіант  $P_{30}$  + Біофосфорин на 10,5% та забезпечує урожайність насіння відповідно 9,68 та 9,79 ц/га, при виході олії 347 – 361 кг/га.

Наукова новизна одержаних результатів, полягає в тому, що вперше в умовах Південного Степу України в технології вирощування льону олійного досліджено комплекс сучасних біологічних препаратів, що проявляють живильний, ріст-стимулюючий, антистресовий, захисний та комплексний ефект на культуру. Встановлено особливості росту і розвитку рослин та

формування урожаю із застосування біопрепаратів із рiстрегулюючою дiєю. Визначено вплив бактерiальних препаратiв асоцiативної азотфiксацiї Азотофiт-р та Екориз на величину та якiсть урожаю насiння льону олійного сорту Водограй, у порiвняннi з нормами азотних добрив  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  та  $N_{45}$ . Дослiджено вплив препарату фосфатмобiлізуючої дiї Бiофосфорин при окремму та сумiсному використаннi на мiнеральному фонi  $P_{15}$  та  $P_{30}$  на ростовi процеси, динамiку накопичення сухої речовини та насiнневу продуктивнiсть культури, порiвняно з мiнеральним фоном.

За результатами дослiджень представлена енергетична та економiчна оцiнка запроваджених технологiй, що демонструє ефективнiсть використання бiологiчних об'єктiв при вирощуваннi культури. Передпосiвна обробка насiння препаратами Екориз + Ендофiт та Аверком-н + Фiтовiт забезпечує збiльшення умовно чистого прибутку на 24,0 та 21,3% та найвищий енергетичний коефiцiєнт вирощування культури 2,79 i 2,75. Використання препаратiв асоцiативної азотфiксацiї Азотофiт-р та Екориз збiльшує прибуток на 14,8 – 18%, та досягає найвищих рiвнiв рентабельностi виробництва – 165 та 161% вiдповiдно. Покращення фосфорного живлення iнокуляцiєю посiвного матерiалу фосфат-мобiлізуючим препаратом Бiофосфорин збiльшує умовний чистий прибуток на 9,4% порiвняно з контролем, при найвищiй окупностi енергетичних витрат 2,99. Поєднання обробки насiння препаратом Бiофосфорин та внесення мiнеральних добрив  $P_{15}$  та  $P_{30}$  пiдвищує енергетичний коефiцiєнт до 2,82 та 2,69 вiдповiдно.

**Ключовi слова:** аграрнi технологiї, льон олійний, бiологiчнi препарати, бiологiзацiя виробництва, структура урожаю, урожайнiсть насiння, вiмiст жиру, вихiд олiї, жирно-кислотний склад олiї, економiчна ефективнiсть.

## ABSTRACT

***Lototskyi O.V.* Effectiveness of elements of biologization of technology of growing oil flax in conditions of Southern Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work as the manuscript.**

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty H1 "Agronomy". – Higher Education Institution "Odessa State Agrarian University", Odesa, 2026.

The dissertation contains the results of three-year research on the agroecological justification of the introduction of biologization elements into the technology of growing oil flax in arid conditions of Southern Ukraine - biological preparations that exhibit nutritional, growth-stimulating, anti-stress, indirectly protective and complex action. The impact of domestic and foreign biological preparations on the efficiency of the crop's use of moisture and nutrients was assessed, dynamics of growth processes, photosynthetic activity, formation of elements of individual plant productivity, quantitative and qualitative yield indicators.

It has been established that in the conditions of Southern Ukraine, the treatment of crop seeds with biological preparations does not have a significant impact on the total water consumption, changing due to soil moisture reserves. When inoculating seeds with bio-preparations a decrease in the water consumption coefficient from 2498 to 2268 m<sup>3</sup>/t has been established. The application of mineral fertilizers ensures more economical use of moisture, which reflects a decrease in the water consumption coefficient from 2498 to 1991 m<sup>3</sup>/t.

Seed inoculation and application of mineral fertilizers for 1-4 days prolongs the crop's vegetation period, increases linear growth rates, leaf area, contributes to the accumulation of dry aboveground mass of plants, the balanced formation of structural elements of individual plant productivity, and as a consequence, the size and quality of the harvest.

Studies have shown that pre-sowing inoculation of crop seeds with complexes of biological preparations Ecoriz (1 l/t) + Endofit (1 l/t) and Averkom-n (0.1 l/t) + Fitovit (0.1 l/t) provides seed yields of 10.15 and 10.01 c/ha, which exceeds the control by 14.7 and 13.1%. The conditional yield of oil per unit area in the specified variants is 376 and 369 kg/ha, and exceeds the control by 21.8 - 23.9%.

The use of biological nitrogen-fixing preparations Azotofit-r and Ecoryz increases the yield of oilseed flax to 9.86 and 9.71 c/ha, which corresponds to a 10.5 and 8.9% increase. According to approximate calculations, the use of biological preparations Azotofit-r and Ecoryz corresponds to the application of mineral nitrogen fertilizers at rates of  $N_{20.6}$  and  $N_{18.2}$ , respectively.

The conditional oil yield per unit area on the Azotofit-r inoculation variants is 341 kg/ha; and the use of the Ecoriz preparation is 336 kg/ha, which exceeds the control by 11.8 and 10%.

The use of the phosphate-mobilizing drug Biophosphorin for seed inoculation has a positive effect, increasing the yield relative to the control by 6.7%, up to 9.45 c/ha, and ensuring an oil yield of 334 kg/ha. According to approximate calculations, seed inoculation with Biophosphorin corresponds to the application of 18.6 kg/ha of the active substance mineral phosphorus.

The combined application of the biological drug Biophosphorin with the application of mineral phosphorus fertilizers has advantages compared to their separate application. The technological complex  $P_{15}$  + Biophosphorin provides an increase in yield compared to the control by 9.2%, and the variant  $P_{30}$  + Biophosphorin by 10.5% and provides seed yields of 9.68 and 9.79 centners/ha, respectively, with an oil yield of 347 – 361 kg/ha.

The scientific novelty of the results obtained lies in the fact that for the first time in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, a complex of modern biological preparations has been studied in the technology of growing oilseed flax, which exhibit a nutritional, growth-stimulating, anti-stress, protective and comprehensive effect on the crop. The peculiarities of plant growth and

development and crop formation with the use of biological products with growth-regulating action have been established. The effect of bacterial preparations of associative nitrogen fixation Azotofit-r and Ecoriz on the size and quality of the crop of oilseed flax of the Vodogray variety has been determined, compared to the rates of nitrogen fertilizers  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  and  $N_{45}$ . The effect of the phosphate-mobilizing drug Biophosphorin when used separately and in combination on the mineral background  $P_{15}$  and  $P_{30}$  on growth processes, the dynamics of dry matter accumulation and seed productivity of the crop, compared to the mineral background, was studied.

According to the research results, an energy and economic assessment of the implemented technologies is presented, which demonstrates the effectiveness of using biological objects in growing crops. Pre-sowing seed treatment with Ecoriz + Endofit and Averkom-n + Fitovit provides an increase in conditional net profit by 24.0 and 21.3% and the highest energy coefficient of crop cultivation is 2.79 and 2.75. The use of associative nitrogen fixation preparations Azotofit-r and Ecoriz increases profit by 14.8 - 18%, and reaches the highest levels of production profitability - 165 and 161%, respectively. Improving phosphorus nutrition by inoculating seed with the phosphate-mobilizing drug Biophosphorin increases conditional net profit by 9.4% compared to the control, with the highest payback of energy costs of 2.99. The combination of seed treatment with Biophosphorin and the application of mineral fertilizers  $P_{15}$  and  $P_{30}$  increases the energy coefficient to 2.82 and 2.69, respectively.

**Keywords:** agricultural technologies, oilseed flax, biological preparations, biologization of production, crop structure, seed yield, fat content, oil yield, fatty acid composition of oil, economic efficiency.

## ОПУБЛІКОВАНІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. Рудік О. Л., Лотоцький О. В. Перспективи застосування біопрепаратів у технології вирощування льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. С. 68 – 75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.10> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

2. Рудік О. Л., Лотоцький О. В. Вплив біологічних препаратів на урожайність льону олійного в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145. Частина 2. С. 64 – 72. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.8> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, отримання та аналіз експериментальних даних; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

3. Рудік О. Л., Лотоцький О. В. Оцінка заходів біологізації азотного живлення льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 234 – 240. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.39> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

4. Рудік О. Л., Лотоцький О. В. Обґрунтування заходів біологізації фосфорного живлення льону олійного в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. № 107. Частина 1. С. 538 – 548. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-107-1-538-548](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-107-1-538-548) (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

## Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

5. Рудік О. Л., Лотоцький О. В. Агробіологічні передумови ефективного вирощування льону олійного. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодовоовочевої продукції. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції.* (м. Миколаїв, 15-16 березня 2023р.). Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 17 – 18. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

6. Лотоцький О. В. Льон-кудряш в аспекті адаптації виробництва олійних культур до поточних кліматичних змін. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції.* (м. Одеса, 24 березня 2023 р.). Одеса: ІКОСГ НААН України, 2023. С. 141 – 143.

7. Лотоцький О. В. Біологізація технології вирощування льону олійного. *Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні.* (м. Одеса 19 травня 2023 р.). Одеса: ІКОСГ НААН України, 2023. С. 52 – 54.

8. Лотоцький О. В. Застосування біо-препаратів у технології вирощування льону олійного, як можливість скорочення використання мінеральних добрив. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців.* (м. Одеса, 9-10 листопада 2023 р.). Одеса: ОДАУ, 2023. С. 451 – 453.

9. Лотоцький О. В. Передумови та перспективи органічного вирощування льону олійного в Україні. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва. Матеріали всеукраїнської*

науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених. (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 97 – 99.

10. Куліджанов Е. В., **Лотоцький О. В.** Вплив біо-препаратів на енергію проростання та схожість насіння льону олійного. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців.* (м.Одеса, 24 - 25 жовтня 2024 р.). Одеса : ОДАУ, 2024. С. 392 – 394. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Куліджанов Е.В. – 30 % підготовка матеріалу).

11. **Lototskyi O.V.** The influence of bio preparations on formation root system of oily flax in laboratory conditions. *Аграрна наука: стан та перспективи розвитку. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Одеса, 28-29 листопада 2024 р.). Одеса: ОДАУ, 2024. С. 36 – 39.

12. Куліджанов Е. В., **Лотоцький О. В.** Вплив біо-препаратів на енергію проростання, схожість насіння та довжину кореня льону олійного. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвячена до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції.* (смт. Хлібодарське, 28 березня 2025 р.). Хлібодарське: ОДСДС ІКОСГ НААН України, 2025. С. 127 – 131. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Куліджанов Е.В. – 30 % підготовка матеріалу).

13. Куліджанов Е. В., **Лотоцький О. В.** Продуктивність льону олійного в залежності від застосування азот-фіксуючих та фосфат-мобілізуючих бактерій. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції науково-*

*педагогічних працівників та молодих науковців. (м.Одеса, 2 жовтня 2025 р.).  
Одеса: ОДАУ, 2025. С. 343 – 345. (Особистий внесок 70% авторства – ідея,  
виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок  
Куліджанов Е.В. – 30 % підготовка матеріалу).*

## ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	15
ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО.....	22
1.1 Виробництво та особливості господарського використання.....	22
1.2 Ботанічна характеристика та оцінка системи рослина- умови зовнішнього середовища.....	26
1.3 Вплив елементів технології на урожайність льону та якість насіння.....	34
Висновки до розділу 1.....	49
РОЗДІЛ 2 УМОВИ МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика зони та погодні умови періоду досліджень.....	51
2.2 Методика та агротехніка проведення досліджень .....	55
2.3 Характеристика об'єктів досліджень... ..	62
Висновки до розділу 2.....	67
РОЗДІЛ 3 УМОВИ РОСТУ Й РОЗВИТКУ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО.....	68
3.1 Оцінка умов вологозабезпечення та використання вологи культурою.....	68
3.2 Поживний режим ґрунту та вплив застосування біологічних препаратів.....	74
3.3 Мікробіологічна активність ґрунту залежно від елементів технології.....	78
Висновки до розділу 3.....	79

РОЗДІЛ 4	ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ Й РОЗВИТКУ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО	81
	4.1 Тривалість міжфазних періодів росту й розвитку рослин	81
	4.2 Вплив біологічних препаратів на динаміку ростових процесів, формування біомаси та споживання елементів живлення.....	87
	4.3 Формування та фотосинтетична діяльність листового апарату льону олійного.....	108
	Висновки до розділу 4.....	120
РОЗДІЛ 5	УРОЖАЙНІСТЬ, СТРУКТУРА ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРТІВ.....	122
	5.1 Структура урожаю та елементи індивідуальної продуктивності рослин.....	122
	5.2 Урожайність насіння льону олійного .....	130
	5.3 Якісні показники насіння льону олійного в залежності від елементів технології .....	138
	5.4 Споживання посівами елементів живлення.....	148
	Висновки до розділу 5.....	155
РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАХОДІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО.....	158
	6.1 Економічна ефективність біологізованих технологій вирощування льону олійного.....	158
	6.2. Енергетична ефективність вирощування льону олійного .....	166
	Висновки до розділу 6.....	171
	ВИСНОВКИ.....	173
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....	177
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	178

ДОДАТКИ..... 204

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ**

R – коефіцієнт кореляції

V – коефіцієнт варіації, %

S<sup>2</sup> – дисперсія

S – квадратичне (стандартне) відхилення

I – коефіцієнт стабільності

в. п. – відсоткові пункти

кг д.р. – кілограм діючої речовини

м.п. – метри погонні

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

НВ – найменша вологоємність

НІР<sub>05</sub> – найменша істотна різниця на 5%-му рині значущості

ФП – фотосинтетичний потенціал

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

ДПДГ – Державне підприємство дослідне господарство

ДСДС – Державна сільськогосподарська дослідна станція

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В умовах ринкової економіки вирощування олійних культур є економічно привабливим для аграрних підприємств України. Попри широкий асортимент олійних культур, у структурі посівних площ переважають види зі сформованим попитом на внутрішньому та зовнішньому ринках. У світі спостерігається стійка тенденція до зростання виробництва насіння льону олійного, що супроводжується посиленням конкуренції на ринку [1, 2].

В Україні, після відновлення вирощування льону олійного в 1990-х роках, інтерес до культури був нестабільним, що зумовило значні коливання посівних площ та мало негативні наслідки. Основними причинами цього є недостатнє врахування біологічних особливостей культури та елементів технології її вирощування, незважаючи на стабільний попит на продукцію. Така оцінка льону олійного як важливої нішевої культури не відповідає його господарському потенціалу, що зумовлює необхідність наукового обґрунтування екологічно орієнтованих технологій вирощування, у яких система живлення відіграє ключову роль.

**Зв'язок роботи з науковими темами, планами, програмами.** Наукове дослідження виконано відповідно до тематики науково-дослідної роботи кафедри польових і овочевих культур Одеського державного аграрного університету (№ державної реєстрації 0125U002489) «Формування стабілізуючих елементів системи землеробства шляхом оптимізації агрозаходів та застосування поліфункціональних препаратів в умовах кліматичних змін».

**Метою дослідження** є наукове обґрунтування ефективності застосування біологічних препаратів азотфіксуючої, фосфатмобілізувальної та рістрегулюючої дії при вирощуванні льону олійного з метою оптимізації мінерального живлення рослин, підвищення їх продуктивності й якості насіння та зниження антропогенного навантаження.

### **Завдання досліджень**

- провести аналітичний огляд сучасного стану та перспектив біологізації виробництва льону олійного;
- оцінити умови ґрунтового середовища під впливом застосування азотфіксуючих і фосфатмобілізувальних біологічних препаратів у посівах льону олійного;
- встановити вплив інокуляційної обробки насіння на формування фітоценозу, особливості росту й розвитку та накопичення надземної біомаси льону олійного;
- визначити динаміку ростових процесів, а також особливості формування елементів структури врожаю, його кількісних та якісних характеристик за біологічної інокуляції посівного матеріалу льону олійного ;
- провести оцінку економічної та біоенергетичної ефективності біологізації елементів посівного комплексу.

**Об’єкт дослідження** — процеси росту й розвитку рослин, формування урожайності та якісних характеристик насіння льону олійного під впливом мінеральних добрив, біологічних препаратів та їх сумісного застосування в посушливих умовах Південного Степу України.

**Предмет дослідження** — сорт льону олійного Водограй, біологічні препарати живильної, рістстимулюючої та комплексної дії, показники родючості ґрунту, фенологічні особливості рослин, урожайність і пластичність культури, а також економічна та енергетична ефективність технології вирощування.

**Методи дослідження.** Методологією дисертаційної роботи були передбачені як загальнонаукові (теоретичні дослідження) так і спеціальні методи досліджень за допомогою спеціального польового і лабораторного обладнання.

*Загальнонаукові:* гіпотеза (складання схем досліду які передбачали оптимізацію живлення льону олійного за допомогою елементів біологізації), спостереження (проведення спостережень за фенологічними фазами рослин ),

аналіз (аналітика результатів досліджень), аналогія (співставлення результатів відносно інших об'єктів досліджень та умов середовища), узагальнення (узагальнення результатів досліджень та формування пропозицій виробництву).

*Спеціальні:* польовий (визначення кількісних показників урожаю в залежності від дії факторів досліду), лабораторно-польовий (вивчення впливу факторів, що досліджувались на динаміку ростових процесів рослин), лабораторний (дослідження зразків ґрунту на вміст вологи, вміст елементів живлення та мікробіологічний аналіз; дослідження зразків рослин на вміст макроелементів; визначення якісних показників урожаю), порівняльно-розрахунковий (визначення рівнів продуктивності рослин, економічної та енергетичної ефективності запроваджених технологій).

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає у теоретичному обґрунтуванні та практичному розробленні елементів адаптивної технології вирощування льону олійного на основі застосування мінеральних добрив і біологічних препаратів різної функціональної спрямованості в умовах Південного Степу України.

**Уперше:**

- проведено порівняльну оцінку впливу мінеральних добрив і біологічних препаратів різної функціональної спрямованості на процеси росту, розвитку та формування врожаю льону олійного;
- встановлено вплив інокуляційної обробки насіння мікробіологічними препаратами на ріст, розвиток і продуктивність культури;
- визначено роль мікробіологічних препаратів у формуванні елементів продуктивності та рівня врожайності льону олійного;
- на основі економічного та енергетичного аналізів обґрунтовано доцільність застосування біологічних препаратів у технології вирощування льону олійного, що забезпечує раціональне використання ресурсів і їх високу окупність.

**Удосконалено** окремі елементи системи живлення в технології вирощування льону олійного шляхом упровадження інокуляційної обробки насіння культури в умовах Південного Степу України.

**Набули подальшого розвитку** положення щодо реакції льону олійного на систему живлення, яка включає біологічні препарати; наукові підходи до впровадження біологічних заходів підвищення родючості ґрунту в технології вирощування льону олійного.

**Практичне значення одержаних результатів.** За результатами досліджень розроблено та запропоновано виробництву науково обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення елементів системи живлення в технології вирощування льону олійного. Впровадження отриманих результатів сприятиме підвищенню ефективності виробництва, розширенню посівних площ льону олійного та ширшому використанню культури для продовольчих цілей. Це дозволить забезпечити потреби харчової та фармацевтичної промисловостей у якісній сировині насіння та олії.

Рекомендовані елементи технології були впроваджені та пройшли виробничу перевірку у аграрних підприємствах Одеського району Одеської області ТОВ «Аріста Агро» на площі 46 га, та ТОВ «Аріста АТ» на площі 58 га, які підтвердили високу ефективність впроваджених елементів технології. Впровадження розробки застосування азот-фіксуючих препаратів Екориз та Азотофіт-р забезпечило врожайність в середньому за два роки 1,15–1,17 т/га, з чистим прибутком 19120 – 19620 грн/га; комбінації Р15 + Біофосфорни та Р30 + Біофосфорин за один рік забезпечили врожайність 1,13 – 1,19 т/га, з чистим прибутком 17450 – 17850 грн/га, що підтверджено двома актами впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Автором, опрацьовано, систематизовано та узагальнено наукові літературні джерела вітчизняних і закордонних вчених за тематикою дисертаційної роботи. Наукова робота є завершеною дослідницькою працею здобувача освіти. Під науковим супроводом керівника було розроблено гіпотезу, обґрунтовано мету, завдання, методику

та програму наукових досліджень. Автор приймав безпосередню участь у закладанні та проведенні польових дослідів, а також аналізі отриманих результатів. Автору належить ідея, науковий пошук та систематизація результатів досліджень при написанні наукових статей за темою дисертаційної роботи, що реалізовано у співавторстві із науковим керівником. Автор систематизував результати досліджень, узагальнив їх, провів математичний аналіз, визначив економічну та енергетичну ефективність та обґрунтував практичну складову впровадження їх у виробництво. Всі результати досліджень, що висвітлено у дисертаційній роботі та виносяться на захист – є завершеними та опрацьованими автором під безпосереднім науковим супроводом керівника дисертаційного дослідження.

**Апробація результатів дисертації.** Наукові результати були представлені для обговорення на засіданнях кафедри «Польових і овочевих культур» Одеського державного аграрного університету в період 2023-2025 рр.

Результати дослідження апробовано на міжнародних науково-практичних конференціях : - «Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції». м. Миколаїв, МНАУ 15-16 березня 2023р.; - «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети». м. Одеса, ІКОСГ НААН України, 24 березня 2023 р.; - «Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України». м. Одеса, ІКОСГ НААН України, 19 травня 2023 р.; - «Актуальні аспекти розвитку науки і освіти». м. Одеса ОДАУ, 9-10 листопада 2023 р.; - «Актуальні аспекти розвитку науки і освіти». м.Одеса, ОДАУ, 24 - 25 жовтня 2024 р.; - «Аграрна наука: стан та перспективи розвитку». м. Одеса, ОДАУ 28-29 листопада 2024 р.; - «Ротмістровські читання, частина 1: Технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», до 130-річчя заснування Одеської державної

сільськогосподарської дослідної станції. смт. Хлібодарське, ОДСДС ІКОСГ НААН України 28 березня 2025 р.; - «Актуальні аспекти розвитку науки і освіти». м.Одеса, ОДАУ 2 жовтня 2025 р.; а також Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва». м. Миколаїв, МНАУ, 21-22 березня 2024 р.

**Публікації результатів досліджень.** За результатами наукових досліджень опубліковано 13 наукових праць, з яких: 4 статті у провідних фахових виданнях України, 9 – матеріалів конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота викладена на 232 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі основна частина на 162 сторінках. Містить анотацію, вступ, 6 розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки. Робота включає 57 таблиць, 8 рисунків та 25 додатків. Список використаних джерел налічує 239 найменувань, з яких 63 – латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

#### 1.1. Виробництво та особливості господарського використання

Льон олійний (*Linum usitatissimum*), вважається однією з найдавніших сільськогосподарських культур у Світі, сліди культивування якої сягають понад шести тисячоліть [3]. У передісторичний період розвитку землеробства льон використовували як волокнисту й олійну культуру в регіонах Стародавнього Єгипту, Месопотамії та Персії, а в подальшому він був інтродукований у землеробські системи Індії та Китаю [4]. На території сучасної України перші археологічні знахідки льону датовані II ст. до н. е. та належали Скіфським племенам, а перші промислові посіви льону з'явилися наприкінці 19 століття. До середини 20 століття льон був провідною олійною культурою у Західній Україні, згодом програвши конкуренцію соняшнику. У межах Радянського Союзу виробництво льону олійного було переміщено з України до Казахстану. Відновлення наукового супроводу та зацікавленість виробництва припала на кінець 20 сторіччя [5].

В Україні вирощування льону олійного зосереджене переважно в зоні Степу, в Херсонській, Запорізькій, Одеській та Миколаївській областях. При цьому вищу урожайність культура забезпечує в умовах Лісостепу та Полісся, де площі його обмежені, хоча в останні роки мають динаміку збільшення [6 – 8].

За даними державної служби статистики України у 2023-2024 роках площі посіву льону кудряшу становили від 47,5 до 54,2 тис. га, тоді як у 2018-2022 роках вони в середньому склали 24,4 тис. га, при значних коливаннях від 13,8 до 33,1 тис. га [9].

Зростання показників урожайності зумовлене виведенням нових високопродуктивних сортів льону кудряшу, розвитком та впровадженням сучасних технологій культивування льону, основою яких є інтенсивне

використання елементів захисту і удобрення, із застосуванням новітніх препаратів.

Впродовж останніх п'яти років показники виробництва ще не досягнули, історичних для України зростань 2016 року, посівних площ 68 тис. га та валового збору 91,77 тис. т, проте варто зазначити, що на той час майже половина всього олійного льону (32 тис. га; 38,66 тис. т.) вирощувалась в областях де на тепер ведуться активні бойові дії (Херсонська, Запорізька, Донецька, Луганська). Отже чітка тенденція до зростання обсягів виробництва прослідковується тепер в інших областях.

За минуле десятиліття льон олійний отримав статус надзвичайно перспективної культури для агровиробників України та став культурою широкого впровадження, що динамічно переходить із категорії нішевої до культури промислових масштабів виробництва. Пов'язано це із зформованим на міжнародному ринку високим попитом на продукцію олійного льону та відповідної привабливої для аграріїв ціни. Через ускладнення роботи портів, після початку вторгнення країни агресора та порівняно не високе співвідношення ціни продукції та логістичних витрат на автотранспортне перевезення, зацікавленість виробників України льоном олійним зроста значною мірою. Враховуючи той факт, що сівозміна Степу, в категорії олійних культур, побудована в основному на соняшнику та ріпаку, то введення льону олійного одночасно буде покращувати економіку виробництва та оптимізуватиме сівозміни опосередковано підвищуючи родючість ґрунтів.

Наразі основні Світові райони вирощування олійного льону розташовані в Північній півкулі. Понад 35% світового виробництва зосереджено в Азії, де лідерські позиції займає Китай; більше 30% у Північній Америці, і перш за все це Канада, та 22% у Європі. Посівні площі культури в Світі впродовж 1994-2023 рр. коливаються від 1,97 до 4,53 млн га, а валовий збір насіння знаходиться в діапазоні від 1,65 до 3,97 млн. т. [10, 11]. Світовими лідерами із виробництва за тридцятирічну історію є Канада,

Китай, Казахстан, Індія, США та Ефіопія. Незмінним лідером, з постачання на світовий ринок, роками залишається Канада, що є найбільшим експортером, із часткою понад 20% Світової торгівлі льоном [12].

Культура льону мала два виокремлених векторів виробничого використання – на волокно та олію. В даний час вирощування льонувовгунця занепало, проте льонарство набуває двох все більше специфічних напрямків: технічного використання для отримання олії та медично-харчового застосування насіння льону та продуктів його переробки.

Волокно, отримане із стебел, використовується для виготовлення волокнистих матеріалів, паперу та розглядається як заміник традиційної бавовни, перспективи власного виробництва якої в Україні є обмеженими [13]. Олія, що відноситься до напіввисихаючих, використовується переважно в промислових цілях для виробництва антисептиків для деревини, лаків та фарб як заміник хімічних продуктів на основі ископного палива, забезпечуючи екологічні та якісні переваги [14]. Обробка поверхні деревини, засобами виготовленими з лляної олії, надає виробам підвищеної гідрофобності, і як наслідок, проявляє відмінні захисні властивості [15 – 18].

Наслідком Світової тенденції останніх років до покращення якості життя, харчування людини, є зростання попиту на насіння льону для продовольчого та медично-оздоровчого застосування. Оскільки у економічно розвинених країнах надають переваги споживанню більш корисних для організму людини рослинних олій (оливковій, лляній) на відміну від традиційних олій із ріпаку, соняшнику чи сої, то проявляються переваги насіння та олії льону олійного [19, 20].

Насіння льону містить багато біологічно активних сполук, включаючи корисні жирні кислоти, лігнани, білок, мінерали та фенольні сполуки [21, 22]. У насінні льону вміст олії доходить до 48%; білка міститься близько 18–23%; кількість вуглеводів досягає 26%. Насіння багате на фізіологічно активні компоненти, амінокислоти, аргінін, цистеїн, метіонін та аспарагінову кислоту [23 – 25]. Лляна олія має оптимальний для людського організму

жирнокислотний склад, в якому найбільша частка належить поліненасиченим жирним кислотам омега-3 та омега-6, серед яких ліноленова (до 45% від об'єму олії), лінолева (до 35%), олеїнова (до 20%), стеаринова (до 9%) і пальмітинова кислоти, тоді як рівень насичених та мононенасичених жирів є низьким [26, 27]. Сучасна селекція, працівники Інституту олійних культур НААНУ, створили сорти спеціального харчового призначення – Ківіка, Живинка, Лінсан [28].

Олія, також містить багато видів фенольних сполук, наприклад: сиринову кислоту, ферулову кислоту, коричну кислоту, галову кислоту, що мають потужні антиоксидантні та антибактеріальні властивості [29]. Тому насіння льону використовується як харчова добавка в повсякденному житті людини вже багато років. Завдяки науковим досягненням останнього часу прослідковується чітка тенденція до зростання споживання льону у складі продуктів і як самостійної дієтичної добавки [30, 31].

Розробки продукції з умістом лляної олії ускладнюються тим, що поліненасичені жирні кислоти у її складі дуже чутливі до окислення, впливу світла та підвищеної температури. Тому лляну олію зазвичай зберігають у відповідному посуді, затемнених, добре вентильованих приміщеннях [32 – 34].

Лляну олію застосовують у виробництві сумішей олій (блендів) з покращеною стабільністю та поживними властивостями. Оскільки, як відомо, одна конкретна олія не може задовольнити всі потреби в поживних речовинах. Існують варіанти змішування олії льону із оліями: з виноградних кісточок; соєвою; сафлоровою; пальмовою; кокосовою [35 – 38].

Насіння льону здатне зберігати свої харчові якості впродовж двох-трьох років і має широке використання в країнах світу, як складова різних сортів хліба. Його широко використовують в різноманітних хлібобулочних виробках [39]. Додавання лляної олії значно покращує фізичні властивості печива, такі як маса, діаметр, товщина, коефіцієнт розтікання та міцність на розрив [40].

Ляну сировину використовують у виробництві м'ясної та молочної продукції для покращення якості виробів [41 – 45].

Корисні властивості насіння льону використовуються у спеціальних дієтах для лікування діабету, ожиріння, серцево-судинних захворювань, атеросклерозу, ниркової недостатності, гормональних розладів людини [46].

Побічний продукт, що залишається після екстракції олії – ляний шрот (макуха) є джерелом білка (понад 30% перетравного протеїну) та жиру (до 10%), який використовується при виготовленні висококонцентрованих кормів для свійських тварин, особливо в раціонах великої рогатої худоби (збільшує надої молока та приріст маси тварин на відгодівлі), та за своїми кормовими якостями переважає шроти інших сільськогосподарських культур через добру засвоюваність. За споживчими властивостями відповідає 1,2 кормовим одиницям [47, 48].

Додавання до раціону курей-несучок насіння льону, в межах 10%, дає змогу отримати яйця з високим рівнем омега-3 жирних кислот, а також збагачені природними фітоестрогенами – лігнінами. Така продукція тваринництва є відмінною складовою дієтичного харчування людини [49].

## **1.2 Ботанічна характеристика та оцінка системи рослина - умови зовнішнього середовища**

Льон – рослина, що відноситься до виду *Linum usitatissimum L.* (звичайний льон) родини льонових (*Linaceae L.*), таксономія якої містить біля двохсот видів однорічних та багаторічних трав'янистих рослин. *Usitatissimum* в перекладі з латини означає – самий корисний. В культурі вирощується *Linum usitatissimum* виключно однорічних форм, плодами яких є стійкі до розтріскування коробочки [50]. Вид *Linum usitatissimum L.* налічує п'ять підвидів, серед яких найпоширенішими у господарському значенні є євразійський та середземноморський.

Льон олійний або, що вирощується виключно для отримання олії, має наукову назву – «льон низький», «льон кудряш» або «льон-кучерявець» та є екотипом Євразійського підвиду [50].

Льон має типову стрижневу кореневу систему, яка складається з головного кореня та бічних коренів першого порядку які відходять від нього по всій його довжині. Бічне галуження коріння може відбуватися до 5–6-го порядку. Основний об'єм кореневої системи розташований у орному шарі – до 0,3 м, чим зумовлені потреби культури в доступних елементах живлення. Глибина проникнення залежить від кількості ґрунтової вологи та опадів. В умовах посухи коріння може досягати глибини у 1,5 м, тоді як за умов достатнього зволоження ріст у глиб не перевищує 1 м [51]. Загальна маса кореневої системи маленька відносно надземної біомаси рослини (до 20%). Коренева система рослини також є слабо опушеною кореневими волосками, проте вони мають надзвичайно високу всмоктуючу здатність. Найбільш активний ріст кореневої системи спостерігається на початкових етапах органогенезу (сходи, «ялинка»). Середньодобовий приріст коренів у цей період перевищує ріст стебла у висоту в 2-3 рази. Надалі ріст коріння поступово уповільнюється, досягаючи свого максимуму у фазу наливу насіння [52].

Стебла у сортів льону-кучерявця тонкі, в діаметрі від 1 до 4 мм., мають висоту від 40 до 70 см, прямої та циліндричної форми, опушення відсутнє, вкриті рясним восковим нальотом, здатні до галуження. Розрізняється кілька типів супротивного гілкування стебел льону олійного: прикореневе (базальне галуження) – від кореневої шийки; гілкування із пазух листя по довжині головного стебла; та формування пагонів китиці суцвіття (апикального галуження). За сприятливих умов галуження забезпечує вагоме зростання урожайності за рахунок формування додаткових коробочок [53 – 55].

Листки льону вузькі, в залежності від сорто типу – лінійної або ланцетовидної форми із завуженням біля основи та на верхівці. Колір: від світло-зеленого до сизого. У розвиненому стані ширина від 3 до 5 мм.,

довжина від 2,5 до 3,5 см. Розміщення листкових пластин на стеблах рослини – супротивне під кутом 90°, до третьої пари справжніх листків; надалі – почергове по спіралі, на коротких черешках (сидяче), рясно по всій довжині пагона. Таке розташування забезпечує більш ефективний фотосинтез за обмеженої площі поверхні листя, максимальний розмір якої досягається у фазу цвітіння [56, 57].

Суцвіття олійного льону формується у верхній третині стебл, та являє собою рихлі китиці зонтикоподібної форми. Квітки, діаметром від 1,5 до 3 см., складаються з чашечки, що має п'ять загострених чашолистків та віночка з п'ятьма симетрично розташованими оберненояцевидними пелюстками довжиною 12-15 мм, із забарвленням: блакитного, фіолетового, рожевого, помаранчевого або білого кольорів – в залежності від сорту. Квітки мають п'ять тичинок із пиляками жовтого або синього кольору та п'ять стовпчиків маточки. Льон відноситься до самозапильних культур. Перехресне запилення можливе але відсток його не суттєвий. Період від початку цвітіння до запилення однієї окремої квітки залежить від метеорологічних умов і становить від 5 до 10 годин. Період цвітіння рослини розтягнутий, через те, що спочатку відцвітають квітки суцвіття на гілочках першого порядку і далі, почергово другого, третього і наступного порядків [58].

Плодом льону-кудряшу є кругла коробочка з загостреним носиком у верхній частині, діаметр якої становить від 6 до 8 мм. У середині коробочка поділена перетинками, які утворюють своєрідні гнізда де формується насіння.

Генетичний потенціал олійного льону (*Linum usitatissimum* L.) передбачає формування в одній коробочці до 10 насінин, однак фактична насіннева продуктивність значною мірою визначається морфологічною структурою рослини. Кількість коробочок, які здатна сформувати одна рослина, варіює в широких межах — від поодиноких до 50–60 штук — і зумовлюється сортовими особливостями, загущенням та агрокліматичними

умовами вирощування. Визначальну роль при цьому відіграє інтенсивність базального та апікального галуження, а також коефіцієнт галуження осьових стебел і гілочок суцвіття, які безпосередньо впливають на формування генеративних органів і реалізацію потенційної врожайності культури [59].

Насіння льону сплюснуте та яйцеподібної форми, довжиною 4-6 мм, з характерним блиском та сортотиповим забарвленням: коричневе, буре, золотаве [60, 61]. Маса тисячі насінин, залежить від сорту та, в середньому становить 6-8 г. Оболонка насіння дуже гігроскопічна та при надмірному зволоженні виділяє слиз [62 – 64].

Сучасна наука використовує два підходи у оцінці фаз розвитку льону кудряшу. За вітчизняною класифікацією виділяють п'ять основних фаз росту і розвитку культури: сходи, «ялинка», бутонізація, цвітіння та досягання. За міжнародною системою оцінки фенологічних фаз ВВСН, що має шкалу від 0 до 100, розрізняють: фазу від 00 до 09 «Germination» - проростання насіння; 10-19 «Leaf Development» - формування листового апарату; 20-29 «Shoot Development» - розвиток пагонів (галуження); 30-39 «Budding» - бутонізація; 50-59 «Flowering» - цвітіння; 60-69 «Fruit Development» - формування плодів; 70-79 «Ripening» - початок дозрівання; 80-89 «Full Ripeness» - повне дозрівання; 90-99 «Senescence» - сенесценція або відмирання рослин. З точки зору агротехніки вирощування культури, вітчизняна класифікація – є цілком самодостатньою, проте для більш деталізованої оцінки фенології рослин слід запозичити у шкали ВВСН важливу фазу «галуження», оскільки вона є критичною для формування урожаю насіння льону [65].

Настання фази «сходів» (09 за ВВСН) відбувається при появі на поверхні ґрунту, повному розкритті та досягненні горизонтального положення сім'ядольних (не справжніх) листочків. Протікання періоду характеризується активним розвитком кореневої системи та повільним ростом стебла. Живлення рослини, головним чином, відбувається за рахунок ендосперму насінини [10].

У ювеніальний період розвитку льон кудряш характеризується повільними біологічними процесами розвитку та низькою поглинальною здатністю кореневої системи, тому має високу потребу у забезпеченості елементами живлення, зокрема азотом і фосфором [51]. Біологічні препарати ріст-стимулюючої, живильної та комплексної дії можуть стимулювати ростові процеси покращуючи забезпечення рослин необхідними елементами живлення та фітогормонами [66 – 76].

Початок фази «ялинка» характеризується утворенням трьох пар справжніх листків та висотою рослин до 5 см. В цей період льон схожий на ялинку. Характеристика цієї фази найбільш суперечлива, а науковці розходяться у думках стосовно тривалості фенологічного періоду. Існують різні погляди, що фаза триває за висоти рослин від 5 до 10 см, утворивши від 3-х до 7 пар справжніх листочків. Стосовно завершення фази, думка науковців в основному збігається на висоті рослин у 12-15 см, але ознакою є швидкий лінійний ріст. У фазу ялинки активно розвивається коренева система, у той час як стебло ще має помірні темпи росту. В цей період рослина починає формувати підвищену потребу у воді та поживних речовинах [10, 50].

Із фізіолого-анатомічної точки зору завершення фази «ялинка» відбувається у наслідок видовження стебла, зумовленого активізацією поділу й розтягування клітин у міжвузлях стебла. Вірне тлумачення та визначення фази ялинки (10-19 за ВВСН) є критично важливим з точки зору застосування хімічних засобів захисту рослин проти двосім'ядольних бур'янів, оскільки в цей період льон, як двосім'ядольна культура, проявляє найменшу чутливість до діючих речовин застосовуваних гербіцидів (клопіралід, бентазон, диметиламінна сіль). У рекомендаціях до використання препаратів, виробниками, фаза «ялинка» тлумачиться досягненням рослинами висоти від 3-5 до 10-12 см. Період використання гербіцидів проти односім'ядольних бур'янів, у льону, регламентується тільки фазою розвитку шкодочинної рослинності: 2-4 листка у однорічних та 10-15

см. у багаторічних злакових бур'янів. Проте інтервал між застосуванням двох груп гербіцидів повинен становити мінімум 10 діб [77 – 81].

Фаза «галуження» (20-29 за ВВСН) характеризується інтенсивним ростом головного стебла та формуванням бічних стебел з-під сім'ядольного коліна. Таке прикореневе галуження рослин характеризується кількістю стебел утворених від кореня на рівні ґрунту, окрім головного стебла. У літературі також зустрічається назва «базальне галуження» [82]. Кількість бічних стебел може формуватися від 1 до 3 а іноді і більше [10, 51]. Здатність до галуження є основою пластичності культури льону олійного. На формування бічних стебел яскраво виражений та закономірний вплив мають густота стояння, температурний режим та вологозабезпечення у відповідну фазу розвитку культури. Загущення посівів, високі температури та нестача вологи негативно впливають на галуження льону. За таких умов можуть формуватися рослини з одним стеблом та маленькою кількістю плодів [50, 83].

Фаза «бутонізація» настає з початком формування генеративних органів (бутонів) і триває до початку їх цвітіння. Період характеризується дещо сповільненим продовженням росту у довжину, активним споживанням елементів живлення та вологи а також формування кількості коробочок на рослину і кількістю насінин у коробочках [10].

Фаза «цвітіння» розпочинається при розкритті перших квіток та триває, в залежності від сортових особливостей, від 5 до 9 діб. Під час фази починають формуватися зав'язі майбутніх коробочок. Висота рослин, площа листя і об'єм кореневої системи досягають максимальних розмірів до кінця періоду. В цей час забезпеченість рослин вологою має вирішальний вплив на формування маси тисячі насінин [10].

Фаза «достигання» настає при побурінні коробочок які згодом набувають сортотипового забарвлення. Насіння, під час наливу, набуває оливкового кольору та характерного блиску, а згодом стає твердим із

відповідного сорту кольором забарвлення. Завершенням фази – є готовність насіння до збирання із базовою вологістю у 8-9% [10, 84].

Температурний режим та сума опадів є визначальними факторами, що впливають на урожайність льону олійного, а також вміст олії в його насінні та її жирнокислотний склад [85].

За фотоперіодизмом льон олійний є культурою середнього світлового дня та С3 типом фотосинтезу, з помірними вимогами до режиму освітлення, тому більш фотосинтетично ефективний та продуктивний при помірних температурних та світлових режимах [56, 86]. Такі умови формуються, особливо на Півдні України, за ранніх календарних термінів сівби. Пізня весна негативно впливає із таких причин на індивідуальний розвиток та продуктивність льону олійного.

Льон-кудряш придатний до вирощування на територіях з широким спектром температурного і водного забезпечення. Відповідно, в сучасних кліматичних умовах, що склалися на території України, такими зонами, за убуванням сприятливості умов, є Полісся, Лісостеп та Степ [87]. Однак фактичне поширення культури та урожайність має зворотнє спрямування [88].

Для повного циклу розвитку льону олійному від сходів до дозрівання потрібно щонайменше 90 безморозних днів, із сумою активних температур 1700–1800 С°, а найбільше теплих і сонячних днів потребує від цвітіння до досягання [89 – 91]. Вегетаційний період льону-кучерявцю залежить від погодно-кліматичних умов сезону та сортових особливостей і може коливатись від 75 до 115 діб, та в середньому становить 85–90 діб [92 – 95].

Олійний льон відноситься до ранніх ярих культур. Проростання насіння починається при температурі ґрунту 3–4 °С, а для появи сходів необхідний температурний рівень повітря становить 4–6 °С. Сходи культури без критичних наслідків переносять весняні приморозки до –4 °С, а у фазі «ялинка» здатні витримати короткочасне пониження температури до – 6 °С. В період від бутонізації до цвітіння, коли рослини активно споживають

елементи живлення льон потребує помірного теплового режиму. Середньодобові температури вище 22 °С та їх різкі добові коливання в цей період негативно впливають на ростові процеси льону. Найбільшу кількість тепла (оптимальні середньодобові температури 20 – 22°С) та сонячних днів рослини льону потребують у фазу досягання. При нестачі тепла, та за хмарної погоди у цей період налив насіння погіршується а досягання уповільнюється [96, 97].

Олійний льон вважається посухостійкою культурою, проте має доволі високу потребу у волозі. На формування одиниці сухої біомаси кудряшу, за різними оцінками, необхідно від 420 до 690 одиниць води. Такі показники транспірації перевищують показники більшості сільськогосподарських культур [98, 99]. Для початку процесу проростання насіння, олійний льон потребує біля 140 % води від власної маси, що також більше за відповідні показники пшениці, ячменю, гороху [100]. Коренева система льону в умовах посухи здатна засвоювати вологу із глибини до 1,5 м. та більше [48]. На початкових етапах розвитку, від сходів до завершення фази «ялинка», рослина споживає не велику кількість води. Потреба у вологозабезпеченні зростає із початком динамічного росту стебла (кінець фази «ялинка») і до завершення наливу насіння, досягаючи свого піку у фазу цвітіння. Деякі науковці вважають, що найбільший урожай насіння можна отримати коли від початку фази бутонізації і до кінця цвітіння випадає 50 мм. опадів, за помірних температур [50]. Недостатній режим зволоження у цей період призводить до: скорочення міжфазних періодів, зменшення коефіцієнту галуження стебел, кількості коробочок та маси тисячі насінин, і як наслідок недобору урожаю [101, 102].

Необхідність у доброму зволоженні льону підтверджується і науковими польовими дослідженнями. Дослідники Асканійської ДСДС НААНУ в умовах Південного Степу встановили суттєвий позитивний вплив зрошення на урожайність льону-кудряшу. При нормах поливу, що підтримували найменшу вологоємність ґрунту на рівнях 65-70% вдалося досягнути

збільшення врожаю від 35,8 до 39% при цьому збільшення норми висіву насіння з 5 до 7 млн /га при зрошенні дозволило реалізувати приріст урожаю від збільшення стеблестою. Зрошення, також мало позитивний вплив на збільшення олійності насіння на 0,42 %, а загальний вихід олії при поливах культури зріс на 0,49 т/га [103].

Дослідниками ІКОСГ НААН встановлено вплив на водоспоживання олійного льону сортових особливостей культури. Для формування урожаю насіння сорт «Орфей» спожив на 18 м<sup>3</sup>/га більше води, ніж сорт «Живинка». Сумарне водоспоживання, за роки дослідження, сорту «Орфей», коливалось від 2260 до 2338 м<sup>3</sup>/га, а у «Живинки» показник знаходився в межах 2252 - 2317 м<sup>3</sup>/га [104].

Культура льону, олійного призначення, формує високі вимоги до родючості та фізичних властивостей ґрунтів. Узагальнена численними дослідженнями, потреба у макроелементах на формування однієї тони насіння, з урахуванням поживних решток, становить 76 кг азоту, 24 кг фосфору, 55 кг калію і 10 кг сірки, що в двічі більше за зернові колосові культури [50]. Найбільше азоту споживає у період від фази сходів до бутонізації, фосфору – від сходів до кінця фази «ялинки», а калію – протягом фази бутонізації [88].

Найкращі результати демонструє на ґрунтах: за генетичним складом - чорноземах і каштанових; за механічним складом – оструктурених середньосуглинкових та легкосуглинкових ґрунтах. Оптимальний рівень рН ґрунтового розчину для культури становить в межах 6,0 - 6,5, проте він здатен витримувати і більш кисле середовище з рН 5,5 – 6,0 [105].

### **1.3 Вплив елементів технології на урожайність льону та якість насіння**

Урожайність та наявність поживних компонентів у насінні льону олійного значною мірою залежить від багатьох факторів, таких як сорти,

строки висіву та збирання врожаю а також агро-кліматичні умови вирощування [106, 107].

Олійний льон вибагливий до удобрення, сівозміни та обробітку ґрунту. При повторному вирощуванні на одному і тому ж місці, спостерігається ґрунтовтома, внаслідок накопичення корневих ексудатів, а також погіршується фіто-санітарний стан: накопичуються збудники хвороб, зокрема фузаріозу, стеблової та кореневої гнилі та інших грибкових патогенів. Рекомендовано повернення на поле не частіше ніж раз у 5–7 років [108 – 111].

Вибір оптимального попередника для льону багато в чому залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування [112].

На територіях з достатнім зволоженням найліпшими попередниками льону вважаються багаторічні бобові трави, а в зонах з нестійким зволоженням та частими посухами – зернові колосові культури та горох, після кращих попередників, через те, що рано звільняють поле і дають час для належного обробітку ґрунту та вологонакопичення [113, 114]. Окрім перелічених факторів, горох, як бобова культура, додатково залишає азот до якого льон проявляє підвищенні вимоги. Перевага ранніх попередників пояснюється поліпшенням процесу вологонакопичення ґрунту, оскільки до посіву льону залишається значний проміжок часу. Для культури ґрунтові запаси вологи є вирішальними у формуванні майбутнього врожаю, особливо в посушливих регіонах, оскільки в незрошуваних умовах півдня України частка ґрунтової вологи становить 58,5–59,4 % від сумарного водоспоживання льону олійного за період вегетації [115].

Найгіршими попередниками льону вважаються пізні ярі культури (соняшник, кукурудза, суданська трава, сорго, цукрові буряки) через значне виснаження запасів вологи та пізні строки звільнення поля, що заважає якісно підготувати ґрунт [116].

Після льону можна висівати озимі та ярі культури, для яких він є добрим попередником, оскільки він рано звільняє поле і залишає після себе достатньо поживних елементів [50].

Оскільки олійний льон є дрібнонасінневою культурою, то потребує добре підготовленого, оструктуреного ґрунту. Поверхня поля має бути вирівняна та дрібно-грудочкуватого гранулометричного складу, щоб забезпечити якісну сівбу культури [51, 117]. Тому у зоні достатнього та нестійкого зволоження оптимальним є, загальноприйнятий у землеробстві, напівпаровий основний обробіток. Після збирання раннього попередника здійснюють луцення стерні луцильниками на глибину 6-8 см.; після відростання падалиці і бур'янів проводять ранню оранку з обертом пласта на глибину 22-25 см. Як правило восени поле вирівнюють культиватором; ранньою весною боронують для закриття вологи та проводять мілку, на глибину загортання насіння, передпосівну культивацію. Кращими знаряддями є комбіновані передпосівні агрегати. Фосфорні і калійні добрива вносяться під оранку, тоді як азотні можливо вносити у передпосівну культивацію [118 – 121].

Якщо після оранки восени відростання бур'янів не спостерігається, осінню культивацію замінюють весняним боронуванням важкими шлейф-боронами. Такий агрозахід одночасно вирівнює поверхню поля та закриває вологу [122].

Глибокий основний обробіток ґрунту не тільки забезпечує якісну підготовку ґрунту, формує глибокі запаси вологи, а і є дієвим заходом у боротьбі із бур'янами [57].

Дослідники Інституту олійних культур НААН, в умовах Степової зони на чорноземах звичайних встановили взаємозв'язок врожайності льону олійного із способом обробітку ґрунту. Поверхневий обробіток знижував урожайність порівняно із глибоким обробітком. Проте варіанти із полицевою оранкою та безполицевим обробітком (глибоке розпушування) на однакову глибину у 22-25 см. не мали суттєвої різниці в урожайності [123].

Система обробітку під льон, повинна забезпечувати оптимальну щільність ґрунту для його фізіологічних потреб, яка становить від 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup> [124].

Льон є ранньою ярою культурою, яку необхідно висівати одразу після ярих зернових колосових [125]. У наукових джерелах строки сівби льону суттєво різняться та обмежуються, переважно, календарними термінами, залежно від зони вирощування. Проте більшість з них сходяться на думці, що олійний льон треба висівати за фізичної стиглості і температури прогрівання ґрунту до 3–5°C. Обираючи строк сівби культури у конкретній кліматичній зоні необхідно опиратись на: динаміку наростання температур повітря і ґрунту, наростання дефіциту вологи та ймовірність повернення значних холодів [126, 127].

Дослідники Асканійської ДСДС НААНУ визначили, що оптимальні строки посіву олійного льону у Південному Степу України є – ранні, при настанні фізичної стиглості ґрунту. При зміщенні посіву до середніх (через 10 днів) та пізніх (через 20 днів) строків, врожайність знижувалась відповідно на 1,1 та 2,2 ц/га. У цьому ж дослідженні вивчались способи сівби та норми висіву. Було визначено, що найкращі результати демонструє вузькорядний посів з міжряддям 15 см та нормою висіву у 5 млн схожих насінин. Посіви за ширини міжряддя в 30 і 45 см зменшували врожайність на 1,1 та 2,3 ц/га відповідно. Найвищу врожайність на широкорядних посівах забезпечувала норма висіву – 4 млн насінин, проте урожайність була нижчою ніж за такої ж норми та міжряддя в 15 см [128].

Польовими дослідженнями, з вузькорядними посівами льону кудряшу, наукової установи Інституту олійних культур НААНУ, було встановлено, що найкращим строком сівби є – при настанні температури ґрунту на глибині посіву в 4-6 °C. Порівняно із ним сівба при температурі ґрунту 6-8 °C та є 8-10 °C поступалася за врожайністю на сортах Айсберг і Орфей у межах від 0,12 до 0,21 т/га та від 0,28 до 0,33 т/га відповідно. За всіх строків сівби і на

всіх сортах найбільший урожай отримано при нормі висіву – 4 млн схожого насіння [129].

Інші науковці, в умовах південного Степу України, експериментально доводять, що найбільш результативним способом сівби льону-кудряшу є: посівна норма 6 млн шт./га із вузьким міжряддям в 15 см, та глибиною загорання насіння 3-4 см [130].

П'ятирічні польові експерименти в підзоні сухого Степу, з висівом льону-кучерявцю вузькорядно, нормами 2, 4, 6, 8, 10, 12 млн показали, що найвищу урожайність забезпечує посів нормою 6 млн схожого насіння за ранніх та середніх строків сівби з врожайністю 13,4 та 13 ц/га відповідно. Зміщення сівби на пізні строки потребує підвищення норми висіву до 8 млн шт. для отримання урожаю максимально можливого рівня 11,4 ц/га [131].

Узагальнюючи наукову складову: в посушливих умовах Півдня України для льону олійного найкращими є ранні строки сівби, суцільним способом за ширини міжряддя 15 см, нормою висіву в межах 5-6 млн /га схожих насінин, на глибину 2-4 см. Ключовим обмежуючим фактором є запас вологи посівного шару. Вагова норма висіву в залежності від маси тисячі та схожості насіння, при середньому погазнику в 6,5 г. становить 40-45 кг/га. Для одержання рівномірних і дружних сходів обов'язковими умовами є висівання насіння у добре підготовлений вологий шар ґрунту та прикочування посіву одразу після сівби [132, 134, 135].

На початкових етапах розвитку льон олійний характеризується повільним ростом, тому забур'яненість посівів може призвести до сильного пригнічення рослин і як наслідок недобору урожаю та втрат при збиранні. Контроль бур'янів здійснюється механічними і хімічними заходами. Серед механічних використовуються досходове і післясходове боронування. Недоліком таких заходів є часткове зрідження посівів [132, 133]. Такі технології доцільні при вирощування льону харчового та медичного призначення.

Оптимальним періодом застосування гербіцидів із фізіологічної точки зору є фаза «ялинки». В цей час рослина проявляє найвищу стійкість до складових речовин препаратів. Для боротьби з односім'ядольними бур'янами в системі захисту олійного льону використовуються основні діючі речовини гербіцидів: хізалопфоп-п-етил (Харума), хізалопфоп-п-тефурил, флуазіфоп-п-бутил (Фюзілад Форте 1-2 л/га ) та клетодим (Блейд, Антислак, Селеніт Макс). Проти двосім'ядольних бур'янів, перелік обмежений і є меншим ніж у льону-довгунця: МЦПА у формі диметиламінної солі (Агрітокс 0,8-1,2 л/га), тифенсульфурон-метил (Хармоні 15-25 г/га). Таке обмеження спричинене суворим контролем залишків діючих речовин гербіцидів у насінні льону харчового призначення. Розрив між використанням гербіцидів проти широколистих бур'янів і злакових бур'янів має становити щонайменше 10-14 днів [77 – 81].

Стосовно хвороб і шкідників льону, то їх розповсюдження має ситуаційно-критичний характер, оскільки відсоток льону кудряшу у польових сівозмінах мізерний. У зонах достатнього зволоження у дощові роки можливі спалахи фузаріозу [136]. У Південних регіонах більшість питань із захисту від патогенів і комах вирішується передпосівною обробкою насіння [137]. Зареєстровані для використання на льоні протруйники фунгіцидної дії: Вінцит 050 (1,5-2,0 л/т), Максим 025 (1 л/т), Венцедор (1-1,2 л/т) та інсектицидної дії: Круїзер 350 (0,5 л/т), Клондайк (0,5 л/т) [138 – 142].

Щодо сортових особливостей культури, то на сьогоднішній день до Державного реєстру сортів занесено 26 сортів льону олійного переважно української селекції [143]. Сучасні умови зміни клімату в усіх природно-кліматичних зонах України (Степ, Лісостеп, Полісся) вимагають особливих підходів до генотипічних особливостей льону-кудряшу при створенні нових сортів. Вони повинні мати ширший діапазон адаптивності, яка забезпечить стійку продуктивність за різних коливань абіотичних факторів навколишнього середовища [92].

Провідними вітчизняними центрами селекції, такими як Інститут олійних культур НААН та Інститут землеробства НААН, створено переважно більшу кількість сортів льону-кучерявцю, адаптованих до відповідних зональних умов, що характеризуються високою продуктивністю, пластичністю, посухостійкістю, стійкістю до вилягання, осипання та хвороб. Майже всі сорти мають високу та вище середньої посухостійкість. У 20 сортів тривалість вегетаційного періоду становить до 90 діб. Стійкість до вилягання зумовлена передусім невеликою висотою рослин, 55 - 65 см., що в той же час є агротехнологічним оптимумом для збирання. Рослини з висотою стебла 45 см. і менше формують коротке суцвіття з меншою кількістю коробочок, що знизить урожайність а також складе труднощі при механізованому збиранні та збільшить втрати [144, 145].

Науковці Інституту олійних культур НААН України досліджуючи у Південному Степу України 14 сортів вітчизняної та один сорт закордонної селекції, встановили тривалість вегетаційного періоду сортів в межах 83,5 – 91,3 діб; висоту рослин від 53,2 до 67,2 см; масу тисячі насіння від 4,4 до 8,5 г; урожайність від 13,6 до 19,4 ц/га. Дослідження обґрунтувало перевагу вітчизняних сортів над закордонними. Німецький сорт «Лірина», в умовах посушливого Півдня України мав коротший період вегетації, формував менші за висотою рослини та не формував заявлений урожай [146].

Культуру збирають роздільним способом та прямим комбайнуванням. У випадках надмірного зволоження у період досягання, спостерігається відновлення ростових процесів, формування генеративних органів та цвітіння рослин. За таких обставин перед прямим збиранням застосовують десикацію хімічними препаратами (Дикват, Реглон, Гліфосат) [147, 148]. Сучасні сорти олійного льону стійкі до розтріскування коробочок та добре підходять для прямого комбайнування. Практика такого збирання забезпечує менший відсоток втрат порівняно із способом роздільного збирання [149]. Погодно-кліматичні умови зони Південного Степу України, а також здатність більшості сортів до перестою, дозволяють олійному льону підійти до

збирання повністю висушеним із базовою вологістю насіння 8-9%, що дозволяє збирати культуру однофазним способом та без застосування десикантів [150 – 153].

Специфічних вимог в технології вирощування льону харчового призначення, набуває система удобрення культури. Льон-кудряш має підвищенні вимоги до фону мінерального живлення [50]. В сучасній системі удобрення рослин, в основному, використовуються мінеральні добрива, внесення яких може становити до: 90% азоту, 25% фосфору та 70% калію від потреб на запланований врожай [154, 155]. Проте не зважаючи на зональність виробництва, сівозміну та якісні характеристики ґрунту, розрахунок норм удобрення, перш за все, повинен опиратись на агрохімічний аналіз ґрунту.

Льон кучерявиць належить до культур з високою вимогою до азотного живлення, та для утворення однієї тони насіння і відповідної кількості пожнивних решток, формує потребу в 65–75 кг азоту на гектар, споживаючи більшу частину елемента в період від ювеніальної фази «ялинки» до генеративної фази цвітіння [156].

Як культура, що добре реагує на внесення мінеральних добрив, олійний льон, демонструє гарну їх окупність. За результатами польових наукових досліджень вчених Інституту зрошуваного землеробства НААНУ було встановлено, що застосування мінеральних добрив, як невід’ємних елементів технології вирощування культури, мало суттєвий вплив у вигляді підвищення урожайності культури та вмісту в насінні олії. Найвищий відсоток олійності в насінні був у сорту Віра – 46%, з умовним виходом олії – 569 кг/га., за умов відсутності зрошення та при внесенні добрив  $N_{60}P_{60}$ . Тоді як збільшення норми азоту до 90 кг/га, збільшило урожайність насіння на досліджуваних сортах: Еврика до 13,3 ц/га; Орфей до 14,5 ц/га; Віра до 14,7 ц/га [157].

Льон олійний, як олійна культура, формує високі вимоги до вмісту у ґрунті макроелементів. Нестача фосфору негативно впливає на ростові процеси що супроводжується зниженням висоти рослин, об’єму сформованої біологічної маси і відповідно величини урожаю та його якості. Науковцями

доведено, що льон кудряш має швидкі темпи споживання основних макроелементів та використовує 32–43% необхідної кількості фосфору у період від ювеніальної фази «ялинки» до початку фази бутонізації [158].

Дослідники Інституту зрошуваного землеробства НААНУ встановили потребу льону олійного у фосфорі за вирощування на темно-каштанових ґрунтах у Південному Степу України. За внесення комплексних добрив  $N_{30}P_{30}K_{30}$  культура збільшувала урожайність насіння на 1,4 ц/га що відповідає 13%. Збільшення норми фосфору на 30 кг/га до  $N_{30}P_{60}K_{30}$  підвищувало урожай насіння на 3,2 ц/га, що на 29,9%, перевищує контрольний варіант без застосування мінеральних добрив [159].

Збільшені норми калійних добрив застосовуються традиційно в регіонах де спостерігається дефіцит цього елемента у ґрунті – Полісся, Західний Лісостеп України та локації піщаних ґрунтів. Результати польових досліджень свідчать, що найбільш оптимальною нормою добрив, в зонах достатнього зволоження, є внесення  $N_{34}P_{80}K_{90}$ . Така система удобрення підвищувала урожайність насіння льону-кудряшу на 0,09–0,13 т/га [160].

Науковцями Сільськогосподарського коледжу штату Махараштра, Індія було встановлено, що додавання до азотно-фосфорної  $N_{60}P_{30}$  системи удобрення сірки нормами від  $S_{15}$  до  $S_{25}$  збільшувало урожай насіння льону олійного і вихід олії. Зростання врожайності було в межах від 9,4 до 42% а виходу олії від 3,7 до 19,6% - відповідно до збільшення дози сірки. Важливий вплив мала також форма сірчаного добрива [161].

В останні роки на Півдні України спостерігаються тривалі посухи, що призводить до зниження ефективності використання мінеральних добрив, особливо враховуючи постійно зростаючу ціну, що знижує рентабельність їх застосування [162, 163]. Тому удобрення культури олійного льону має бути економічно доцільним, з урахуванням елементів біологізації виробництва. Сучасна інтенсивна технологія вирощування культури зумовлена наявністю доволі пластичних та посухостійких сортів і передбачає запровадження інноваційних елементів агротехнологій. Водночас питання, що стосуються

запровадження оптимальної а також економічно доцільної системи удобрення культури, з можливістю її органічного вирощування, дотепер, залишаються не вирішеними [164 – 166].

Враховуючи практичну складову виробництва льону олійного, можна дійти висновку, що використання хімічних добрив та елементів захисту рослин більше сприяє підвищенню урожайності за органічну технологію вирощування. Проте органічна технологія має перевагу у поліпшенні якісних характеристик вирощеної продукції [167, 168].

На тепер, на вітчизняному ринку запропоновано велику кількість біологічних препаратів українського і закордонного виробництва. Дані препарати покликані підвищувати біологічну активність ґрунтів, підживлювати рослини та стимулювати їх ростові процеси в результаті збільшуючи урожайність та якість вирощеної продукції. Наукові дослідження свідчать, що не всі запропоновані препарати є достатньо ефективними за використання на різних сільськогосподарських культурах, особливо в зоні Посушливого Степу України [169 – 171]. Тож виникає нагальна потреба у випробовуванні, шляхом польових досліджень, численних інноваційних продуктів – результатів «зеленої революції», для об'єктивної оцінки їхньої ефективності та можливості впровадження у технологію вирощування сільськогосподарських культур, особливо олійного льону, як культури до якої висунуті високі вимоги щодо якісних показників урожаю [172].

Сучасний перелік засобів достатньо широкий як щодо препаратів так і до механізмів їх впливу. Це, перш за все, препарати живильного впливу які охоплюють продукти посилення асоціативної азотфіксації – Екориз, Азотофіт-р; фосфатмобілізації – Біофосфорин та мікоризоутворювач – Міковітал.

Окремо доцільно виділити препарати широкого спектру дії: Екориз + Ендофіт, Аверком-н + Фітовіт, Екостерн Триходерма, що є об'єктивно, оскільки кожен із них у підсумку проявляє позитивний вплив на усі аспекти життєдіяльності рослин і ґрунтових процесів.

Дослідники Інституту сільськогосподарської мікробіології УААНУ у Зоні Степу дослідили вплив бактеріальних препаратів на біологічну активність ґрунту, та виявили вплив біопрепарату Фосфоентерин (*Enterobacter nimipressuralis*) при інокуляції насіння ячменю, на збільшення кількості мікроорганізмів, що сприяють збільшенню рухомих фосфатів у ґрунті. За настання фази кушіння чисельність мікроорганізмів зростала на 2,3 млн. В той же час використання препарату Поліміксобактерин (*Paenibacillus polytuxa KB*) збільшувало чисельність мікроорганізмів на 3,8 млн., відносно контрольного варіанту, в ризосфері якого містилось 8,9 млн. колоній утворюючих організмів на один грам сухого ґрунту. За настання фази «виходу у трубку», кількість фосфатмобілізуючих мікроорганізмів зростала на 2 млн. на варіанті із Фосфоентерином та на 1,9 млн. на варіанті із Фосфобактерином. За настання фази «молочної стиглості» відповідні біологічні препарати збільшували чисельність біоти на 2 і 2,1 млн. КУО/г ґрунту [173].

Науковці у Зоні Лісостепу України дослідили вплив біопрепарату Діазобактерин (*Azospirillum*) на підвищення кількості білку у насінні тритикале з 11,5 до 12,8%, тоді як кількість крохмалю зростала з 69,6 до 70,1%. В свою чергу біопрепарат Альбобактерин (*Achromobacter album 1122*) підвищував кількість білку в межах 11,5 – 12,1% та крохмалю в межах 69,6 – 70,0% відповідно. На варіанті за комбінованого використання мінеральних добрив  $N_{45}P_{45}K_{45}$  з Альбобактерином, показники якості насіння додатково зростали. Так кількість білку зросла на 1,5%, а кількість крохмалю на 3% [174].

В Зоні Західного Лісостепу вченими було виявлено вплив передпосівної інокуляції насіння озимого ріпаку біологічними препаратами Поліміксобактерин та Альбобактерин на підвищення вмісту рухомого фосфору у ґрунті, що сприяло покращенню живлення рослин ріпаку та збільшило урожай культури в межах 0,21 – 0,22 ц/га [175].

Дослідниками мікробіологами Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, встановлено побічну дію фосфатмобілізуючого препарату Біофосфорин (*Bacillus megaterium*) щодо обмеження захворювань рослин томатів хворобами грибкового походження. Так, використання препарату контролювало альтернативу, зменшивши відсоток ураження рослин хворобою на 66,8% та фітофтору зменшивши ураження томатів на 77,5% порівняно із контрольним варіантом [176].

Враховуючи агрономічну практику та наукові польові дослідження, доведено, що застосування хімічних азотних та фосфорних добрив, при удобренні льону олійного, збільшує урожайність культури ефективніше ніж обробка насіння біологічними препаратами [177].

Проте враховуючи економічний та екологічний аспект - зростання вартості мінеральних добрив, та потенціал екологічної загрози яку вони несуть, варто звернути увагу на біологізацію технології вирощування [178, 179].

Так, вартість біологічних препаратів асоціативної азотфіксації та фосфат мобілізації нижча за хімічні азот та фосфор і враховуючи прибавку урожаю яку вони забезпечують, рентабельність виробництва є вищою.

Беручи до уваги результати польових досліджень українських та закордонних вчених можна стверджувати, що виробничі витрати на використання біологічних елементів технології вирощування культури льону олійного в середньому складають 2 – 4% від реалізаційної вартості вирощеної продукції [180].

Впровадження біологізованих елементів технології – препаратів асоціативної азотфіксуючої та фосфатмобілізуючої дії є достатньо перспективним шляхом вирішення проблеми азотного та фосфорного удобрення олійного льону, який до того ж є одним з ключових напрямків запровадження органічного виробництва культури. Це набуває важливого значення враховуючи те, що олійний льон за своєю природою не здатен до

симбіотичної фіксації азоту та має кореневу систему з низькою здатністю розчиняти недоступні фосфати [181].

Українські та зарубіжні розробки в галузі мікробіології пропонують велику кількість біологічних препаратів ріст-стимулюючої та живильної дії на культурні рослини, зокрема олійний льон [182, 183]. На ринку представлені препарати з вмістом штамів бактерій азотфіксуючої дії: *Agrobacterium radiobacter*; *Azotobacter chroococcum* та фосфатмобілізуючої (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*). Запропоновані біологічні продукти містять бактеріальну складову як окремо так і в різноманітних комбінаціях із гормонами росту рослин, мікроелементами, амінокислотами та іншими фізіологічно активними речовинами. Ефективність використання таких біологічних препаратів доведена, переважно за рахунок лабораторних наукових досліджень. [184 – 186]. Наукове випробування таких біологічних об'єктів у реальних погодно-кліматичних та ґрунтових умовах, що склалися безпосередньо на полі є поодинокими, інтразональними або взагалі відсутні. Щоб підтвердити їх ефективність у конкретних польових умовах виникає нагальна потреба у проведенні системних наукових дослідженнях за результатами яких можна отримати висновки про наявність чи відсутність доцільності їх використання у агробіоценозі.

Наукові польові експерименти із дослідження величини впливу біологічних елементів технології на урожайність льону кудряшу проводилися у достатньо обмеженій кількості, та доволі часто демонструють суперечливі отримані результати. Особливо це актуально для Зони Південного Степу. Узагальнюючи отримані результати наукових досліджень у зонах Лісостепу та Полісся, спостерігається переважаюча ефективність біологічних препаратів в технології вирощування олійного льону.

Польовими дослідженнями Думича В. В. встановлено, що використання біологічних препаратів у посівах льону кудряшу в Зоні Західного Лісостепу, забезпечує збільшення урожайності культури від 0,13 до 0,26 т/га, що відповідає приросту показника продуктивності від 10,8 % до 21,6 %. При

цьому, за використання біопрепаратів, спостерігається позитивний економічний ефект збільшуючи умовний чистий прибуток в межах 1060 – 1504 грн/га. [187].

Польовими дослідженнями науковця В'юнцова С. М. в умовах Українського Полісся встановлено ефективність використання біологічного препарату Поліміксобактерин на льоні подвійного призначення, збільшуючи таким чином урожайність льоносоломи та насіння. Спостерігалось зростання урожаю льоносоломи на 37 % та насіння на 27 %. Синергічний ефект отримано від комбінації біологічного препарату із комплексними мінеральними добривами. За сумісного використання Поліміксобактерину із фоном  $N_{30}P_{60}K_{90}$  встановлено приріст урожаю соломки на 56% тоді як урожай насіння зростав на 43 %. Збільшення показників урожайності насіння забезпечувалось впливом біопрепарату на елементи індивідуальної продуктивності рослин. А саме збільшенням сформованої однією рослиною кількості коробочок; кількістю насінин, що сформувалися в одній коробочці. За обробки насіння Поліміксобактерином, без застосування мінеральних добрив, зростала середня кількість коробочок сформована однією рослиною на 10,7%. Кількість насінин в одній коробочці збільшувалась до 6,2 штук або на 8,7%. За комбінованого використання мінеральних добрив  $N_{30}P_{60}K_{90}$  та Поліміксобактерину встановлено приріст кількості коробочок на 57 %, та середньої кількості насінин сформованої в коробочці на 31,5 % [188].

Дослідженнями в умовах Західного Лісостепу отримано позитивний вплив на продуктивність льону олійного біо-препаратами на основі штамів грибів. Мікоризоутворюючий біо-препарат Мікоаплай у складі якого використані штами грибів роду *Glomus*, біо-препарат Триховерин із штамом грибу роду *Trichoderma*, та біо-гумат Рокогумін застосовані для інокуляції насіння льону олійного забезпечили збільшення врожайності культури на 5,2; 3,1 та 8,8% відповідно. В цьому ж дослідженні за дворазового використання гумату Рокогурмін: для інокуляції насіння льону нормою 2 л/т і фоліарного внесення у фазі «ялинки» льону нормою 4 л/га спостерігалось збільшення

врожайності насіння на 12,1% та технічно придатної соломи на 15,8%. Доведено вплив застосування гумату на елементи структури урожаю, що збільшувало кількість коробочок на одній рослині на 12% лише за обробки насіння льону та на 22,5% за інокуляції та позакореневого підживлення [189].

Дослідженнями в умовах Полісся, на Житомирщині, встановлено вплив на збільшення урожаю льоносоломи в межах 6 - 22%, застосування для інокуляції насіння льону біологічних препаратів ріст-стимулюючої дії: Агрофіл та штаму бактерій *PG-5* [190].

В іншому дослідженні вченими мікробіологами встановлено позитивний ефект від комбінації з обробки насіння льону довгунцю біо-препаратом Поліміксобактерин та позакореневого внесення у фазі «ялинки» льону ріст-стимулятора Біолан, у вигляді збільшення урожайності лляної соломи на 35,7%, що в абсолютних значеннях відповідає 2,7 т/га [191].

Дослідники Інституту зрошуваного землеробства НААНУ в зоні Сухого Степу, виявили перевагу використання в технології вирощування льону олійного біо-добрива Біо-гель, біологічних препаратів Екофосфорин, Вінос та Азофосфорин. Досліджувані біологічні об'єкти збільшували показники урожаю насіння та поліпшували його якість. Інокуляція насіння Біо-гелем забезпечила прибавку урожаю насіння на 55%. Препарати Екофосфорин та Вінос збільшували урожайність олійного льону на 0,22 та 0,11 т/га, підвищуючи одночасно олійність відповідно на 0,5 та 0,4 відсоткових пункти. Використання біо-препарату Азофосфорин, для обробки насіння та одночасно для позакореневого підживлення збільшувало урожай насіння на 0,11 т/га, та умовний вихід олії на 31 % [192].

Дослідники ІКОСГ НААНУ в зоні посушливого Степу вивчали вплив на оптимізацію фосфорного живлення культури льону кудряшу фосфатмобілізуючого препарату із бактеріями роду *Bacillus*, штам *sp.4*. Встановлено статистично достовірне збільшення кількості коробочок з однієї рослини, у сорту Орфей на 7,2% та у сорту Живинка на 5,2%. Зростання показника кількості насінин що містить одна коробочка спостерігалось в

межах 9,05% - 9,54% на відповідних сортах. Препарат із штамом *Bacillus sp.4*. підвищив врожайність сорту Орфей на 0,11 т/га та у сорту Живинка на 0,13 т/га [193]. Інше дослідження, проведене вченими Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства, встановило, що інокуляція насіння олійного льону сорту Орфей препаратом комплексної дії Екофосфорин, основною складовою якого є бактерії роду *Azotobacter*, *Agrobacterium* та *Bacillus*, та позакореневе підживлення культури у фазу «ялинки», забезпечує підвищення урожаю насіння на 0,1 т/га. Норми витрати препарату становили 1л/т та 1л/га у відповідні технологічні операції [194].

У Зоні Південного Степу України досліджено вплив біологічного препарату, за окремого використання та у комбінації з мінеральними добривами, на водоспоживання льону олійного різних сортів. Вченими ІКОСГ НААНУ доведено, що інокуляція насіння азот-фіксуєчим препаратом Азотофіт нормою 1 л/т, окремо та у комбінації із мінеральним фоном  $N_{15}P_{15}K_{15}$ , забезпечила економніше використання льоном води, знижуючи коефіцієнт водоспоживання у сортів Водограй, Добродар та Запорізький богатир [195].

### **Висновки до розділу 1**

Аналіз відкритих джерел інформації свідчить про стійкий попит світового ринку на продукцію льону олійного, зумовлений розширенням напрямів його використання у харчовій, медико-біологічній та промисловій сферах відповідно до глобальних тенденцій здорового способу життя.

Зростання попиту на харчову та медичну продукцію льону олійного зумовлює підвищені вимоги до безпечності та якості сировини, що передбачає обмеження застосування хімічних засобів і формування екологічно орієнтованих технологій вирощування.

В умовах зростання вартості мінеральних добрив перспективним напрямом оптимізації живлення рослин є використання біологічних препаратів, здатних поліпшувати азотне та фосфорне живлення, знижувати

потребу в мінеральних добривах і підвищувати ефективність їх використання.

Встановлена недостатня вивченість впливу біологічних препаратів рістстимулювальної, живильної та комплексної дії на продуктивність льону кудряшу в екстремально посушливих умовах Південного Степу України, та відсутність комплексних досліджень щодо порівняльної оцінки препаратів асоціативної азотфіксації та фосфатмобілізації з відповідними мінеральними добривами, що є необхідним для оптимізації системи живлення культури.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика зони та погодні умови періоду досліджень

Полеві дослідження проводились в 2023–2025 рр. у шестипільній сівозміні Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, що знаходиться на території селища Хлібодарського Одеського району Одеської області. За агрокліматичним районуванням локація відноситься до зони Південного Степу України.

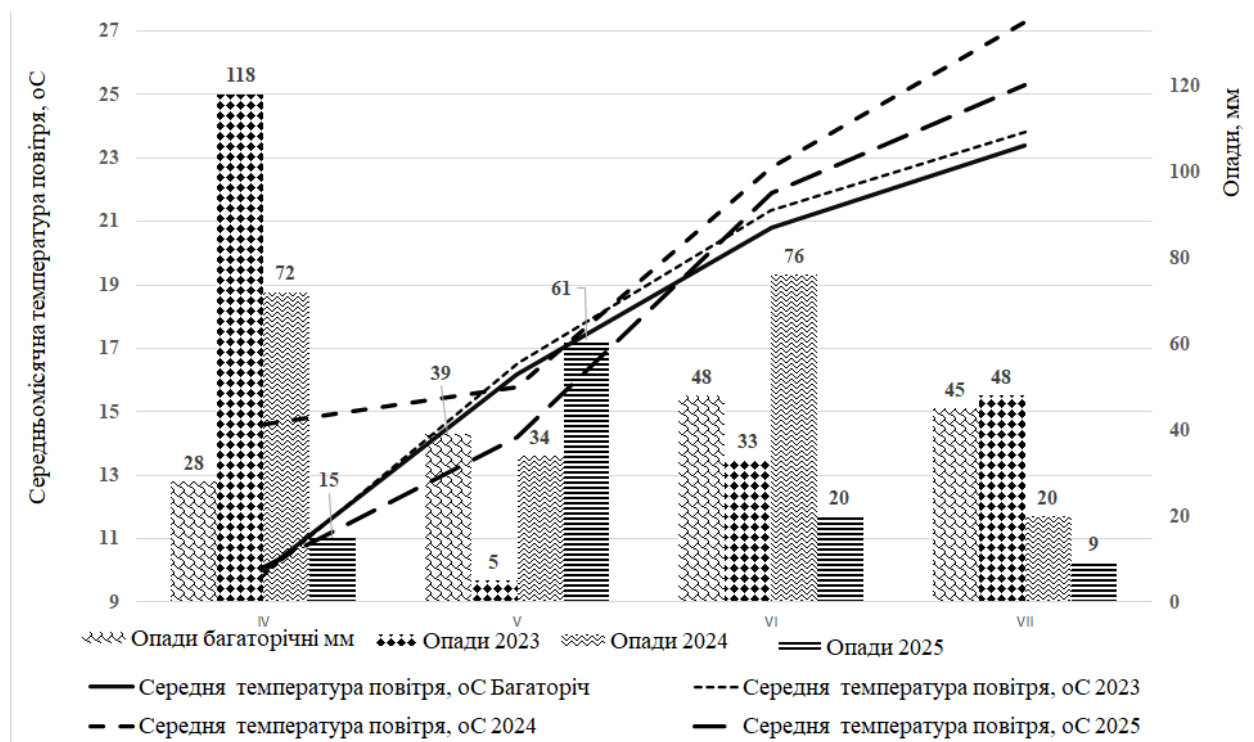
Територія станції характеризується рівнинним рельєфом. За даними Одеської філії ДУ «Держґрунтохорона» ґрунт дослідного поля представлений чорноземом південним малогумусним, утвореним на лесових породах, незмитий, важкосуглинковий, який є типовим зональним різновидом ґрунтів в даній зоні. Глибина гумусового горизонту становить 45-50 см, а окультуреного 25-30 см. Вміст гумусу в орному шарі становить від 2,70 до 2,88%, щільність складення в межах 1,25 – 1,3 г/см<sup>3</sup>, забезпеченість азотом 11,6 мг/кг; рухомим фосфором 51,8 мг/кг; обмінним калієм від 293 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового рН 7,5 – 7,7.

Зона характеризується значними ресурсами тепла та високою посушливістю. Обсяги теплових ресурсів значно перевищує потребу вирощування льону олійного. Середня річна кількість атмосферних опадів (1990-2020 рр) складає 467 мм та коливається в межах від 346 до 754 мм. Випаровування вологи перевищує її надходження з опадами, ГТК у середньому віріює від 0,6 до 0,7 [196, 197].

Прояв впливу досліджуваних біологічних препаратів і добрив істотно залежить від абіотичних факторів навколишнього середовища, та в першу чергу від метеорологічних умов, що склалися в період вирощування культури

[198 – 200]. Інформація щодо метеорологічних показників у період досліджень взята із відкритих джерел [201]. За роки проведення польових дослідів, погодні умови характеризувалися великою мінливістю з частими відхиленнями від середніх багаторічних значень температури, опадів та ГТК.

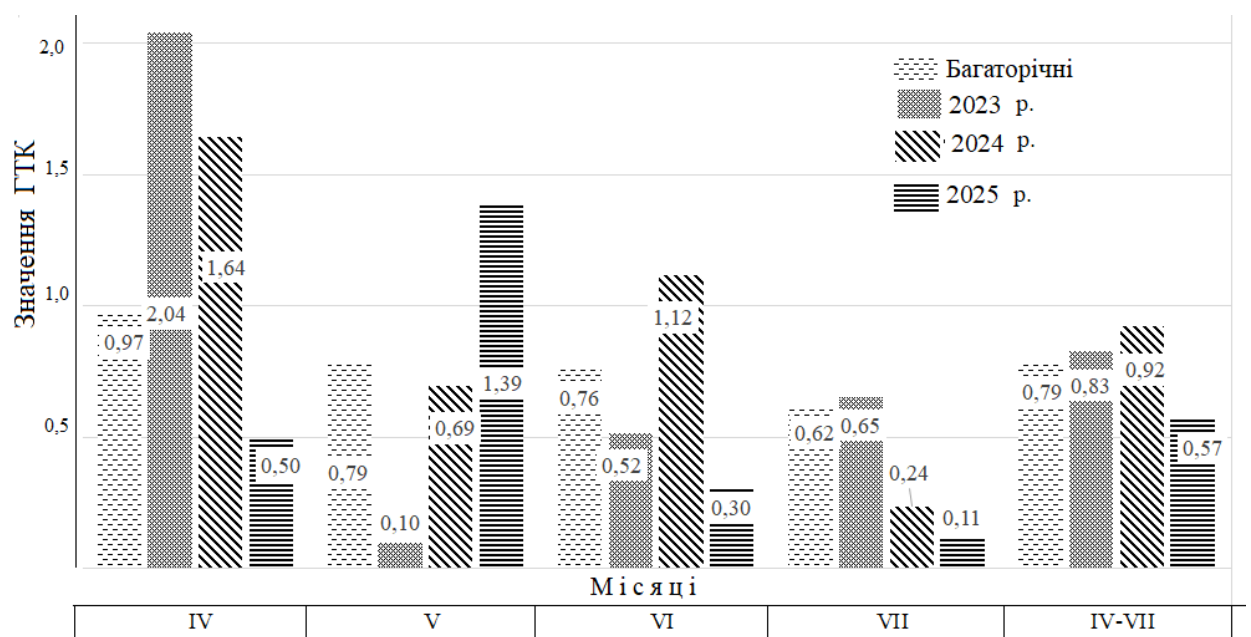
У 2023 році погодні умови характеризувалися як надзвичайно посушливі. Виключенням був лише квітень, на протязі якого отримано тримісячну норму опадів, а середньомісячна температура склала 9,8 °С, що на 0,2 °С менше за багаторічну норму значень (рис. 2.1).



**Рис. 2.1** Середня температура та кількість опадів по місяцям за вегетаційний період 2023 - 2025 рр. у порівнянні із багаторічною нормою

Погодні умови, що склалися були сприятливими для своєчасного отримання сходів льону та оптимального розвитку рослин на початковому етапі вегетації. Проте надалі рослини культури знаходились в умовах постійного стресу спричиненого значним обмеженням режиму зволоження, що мало прямий вплив на формування біологічної маси рослин, їх елементів індивідуальної продуктивності і з рештою на отриманий врожай насіння. Так,

з травня і до завершення вегетації середньомісячна температура була вищою за середню багаторічну на 0,3 - 0,5 градусів. Відповідно сума активних температур за цей період, по місяцям була вищою за норму і зрештою за вегетацію льону склала 1909° С проти норми у 1847° С. Надходження опадів в травні склало 13% від норми, але всі опади за цей місяць були не продуктивними – по 1-2 мм, в червні випало 69% від норми а у липні до завершення вегетації льону 20% від середньої багаторічної кількості. Показники гідротермічного коефіцієнту Селянинова, також мали суттєве відхилення від норми, з травня по липень (рис. 2.2).



**Рис. 2.2 Показники та норма значень ГТК весняно–літнього періоду 2023–2025 рр.**

ГТК у травні склав 0,1; в червні 0,52 а в липні, із урахуванням тривалості вегетації культури, 0,19 при середніх нормах значень у 0,78; 0,77 та 0,62. Такі показники ГТК відповідають екстремальній посусі у травні та липні і сильній посусі у червні.

За показниками температурного режиму 2024 рік був найбільш спекотним, проте надходження опадів було більш рівномірним та сприятливим для росту і розвитку культури. Відповідно показник ГТК

впродовж вегетації культури перебував на високих значеннях, окрім травня і липня. Середньомісячна температура квітня була вище на 4,6 градусів від норми; в травні нижчою на 0,4; в червні вищою на 1,9 а в липні на 3,9 градусів. У квітні надійшло 257% від норми опадів; у травні – 87%; у червні – 158% а у липні 44%. ГТК по місяцям склав: квітень – 1,64; травень – 0,69; червень – 1,12; однак за липень набув нульового значення. Такі умови зволоження і температурний режим сприяли гарним темпам розвитку культури впродовж всього вегетаційного періоду, за винятком фази наливу насіння, і сприяли формуванню вищої урожайності льону порівняно із 2023 роком.

У 2025 році середньомісячна температура квітня відповідала нормі, проте у травні була нижчою на 2 градуси; у червні та липні вище відповідно на 1,1 та 1,9 °С. Тож найбільш оптимальні температурні умови для льону склалися у останньому році досліджень. За режимом зволоження, достатню кількість опадів, з перевищенням норми, отримали у травні, в той час як інші місяці протягом вегетації характеризувались посушливими умовами. В квітні випало 15 мм що є близько половини місячної норми, однак опади надійшли одразу після сівби. У травні надійшло 61 мм опадів, що трохи більше за півторамісячну норму, вони надходили рівномірно впродовж місяця, у вигляді продуктивних (5 і більше мм) дощів. За червень місяць випало 20 мм, близько половини місячної норми, із значною часткою продуктивних опадів. У липні, у фазу наливу зерна, випав один продуктивний дощ 9 мм. Найвищий показником ГТК встановлений у травні місяці 1,39, що є найвищим травневим показником за всі роки досліджень. Найнижчі значення, 0,11, встановлені у липні. Відносно рівномірний розподіл опадів та помірний температурний режим упродовж вегетації льону олійного сприяли інтенсивному наростанню біомаси й формуванню врожаю на всіх варіантах дослідів, включно з контролем.

За сумою активних температур, протягом вегетації льону олійного, у 2023 році отримали 1909 °С; у 2024 відповідно 2058°С та у 2025 році –

1851°C. При середній багаторічній нормі у 1870°C. Враховуючи вимоги льону до тепла – найбільш оптимальний температурний режим склався у 2025 році.

Гідротермічні умови за роки досліджень вплинули на активність ґрунтових мікроорганізмів, обмінні процеси, режими вологозабезпечення і живлення, і як наслідок на: ріст і розвиток рослин, накопичення сухої органічної речовини та формування урожаю насіння льону олійного. Зважаючи, що льон олійний характеризується слабо розвиненою надземною біомасою та не забезпечує достатнього затінення міжрядь. Це зумовлює підвищення непродуктивних втрат ґрунтової вологи внаслідок випаровування. Погодні умови у роки досліджень істотно різнилися, однак періодично були наближеними до середніх багаторічних показників як за рівнем надходження опадів так і за температурним режимом у період росту і розвитку льону олійного.

## **2.2 Методика та агротехніка проведення досліджень**

Польові досліді закладені в шестипільній сівозміні ОДСДС ІКОСТ НААНУ. Чергування культур передбачало послідовність: ярий горох – м'яка озима пшениця – нут – тверда озима пшениця – льон олійний – просо. Ділянки розміщувалися методом неповної рендомізації. Повторність – 4-разова. Площа посіву ділянок останнього порядку складала 37 м<sup>2</sup>, тоді як облікова – 25 м<sup>2</sup>. Досліді було закладено за наступними схемами:

Дослід 1. Вплив біологічних препаратів на формування продуктивності льону олійного в мовах Південного Степу України.

За схемою досліді було передбачено сім варіантів інокуляції насіння: 1) – вода нормою 1 л/т; 2) - Екориз нормою 1 л/т + Ендofіт нормою 1 л/т; 3) – Аверком-н нормою 0,1 л/т + Фітовіт нормою 0,1 л/т; 4) - Міковітал нормою 1,5 л/т; 5) - Екостерн Триходерма нормою 1 л/т; 6) – Живорост нормою 1 л/т;

7) - Натур Вітал плюс нормою 1 л/т. Використані біологічні препарати мають відмінні механізми впливу проявляючи ріст-стимулюючий ефект.

Дослід 2. Обґрунтування елементів біологізації азотного живлення в технології вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України.

За схемою дослідів було передбачено шість варіантів інокуляції насіння та внесення мінеральних азотних добрив: 1) Контроль – сівба насіння за обробки водою нормою 1 л/т; 2) Екориз нормою 1 л/т; 3) Азотофіт-р нормою 1 л/т; 4) фон N<sub>15</sub> + сівба насіння за обробки водою нормою 1 л/т; 5) фон N<sub>30</sub> + сівба насіння за обробки водою нормою 1 л/т; 6) фон N<sub>45</sub> + сівба насіння за обробки водою нормою 1 л/т. Використані біологічні препарати мають одночасно асоціативний азот-фіксуєчий живильний та ріст-стимулюючий механізми дії на рослини.

Дослід 3. Обґрунтування елементів біологізації фосфорного живлення в технології вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України.

За схемою дослідів було передбачено шість варіантів із інокуляції насіння та внесення мінеральних фосфорних добрив: 1) Контроль – сівба насіння за обробки водою нормою 1 л/т; 2) P<sub>15</sub> + сівба насіння, за обробки водою нормою 1 л/т; 3) P<sub>30</sub> + сівба насіння, за обробки водою нормою 1 л/т; 4) інокуляція насіння Біофосфорин нормою 1л/т; 5) P<sub>15</sub> + інокуляція насіння Біофосфорин нормою 1л/т; 6) P<sub>30</sub> + інокуляція насіння Біофосфорин нормою 1л/т.

Проведення лабораторних досліджень, закладання польових експериментів, облік, вимірювання та спостереження здійснювали відповідно до загальних та спеціальних методик і методичних рекомендацій [202 – 205].

Для загальної оцінки гідротермічних умов застосований гідротермічний коефіцієнт Селянинова Г. Т., який визначали за формулою (2.1):

$$\text{ГТК} = \frac{10 \cdot \sum \sigma}{\sum t}, \quad (2.1)$$

де:  $\sum o$  – сума опадів мм., на протязі періоду, із середньодобовими температурами повітря понад 10°C;

$\sum t$  – сума температур °C, на протязі періоду, із середньодобовими температурами повітря понад 10°C.

Визначення вологості ґрунту здійснювали термостатно-ваговим методом, з відбором та аналізом зразків по шарах 10 см до глибини в 1 м, згідно ДСТУ ISO 17892-1:2021 (ISO 17892-1:2014, IDT) [206].

Вміст нітратного азоту у ґрунті визначали витяжкою нітратів, із проби ґрунту, за допомогою сірчаноокислого калію, фотометричним методом Грандваль-Ляжу згідно ДСТУ 4729:2007 [207]. Вміст рухомих сполук фосфору і калію визначали за модифікованим методом Мачигіна [208]. Мікробіологічний аналіз ґрунту з визначення чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп проведений за методом Коха, здійснюючи посів розведеної ґрунтової суспензії на відповідні щільні поживні середовища. Для культивування олігоазототрофних та азотфіксувальних мікроорганізмів використовували середовище Ешбі; педотрофних – на ґрунтовому агарі; фосфатмобілізувальних – на середовищі Наумової з фенолфталеїнфосфатом натрію; целюлозоруйнівних – на середовищі Гетчинсона. Культивування мікроорганізмів проводили при температурі 28° С протягом 3-14 діб, в залежності від швидкості росту мікроорганізмів певних груп [209].

Енергію проростання та схожість насіння культури визначали через 3 та 7 діб відповідно, в лабораторних умовах, шляхом пророщування насіння на зволоженому фільтрувальному папері за температури у 20 °C [210].

Масу тисячі насінин визначали згідно державного стандарту «Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен» відповідно до ДСТУ ISO 520:2015 [211]. Польову схожість висіяного насіння, облік густоти стояння рослин та фенологічні спостереження за культурою проводили на закріплених ділянках площею 0,25 м<sup>2</sup> у двох несумісних повторностях розташованих по діагоналі поля [203]. Фенологічні спостереження виконані за методикою державного

сортовипробування виділяючи п'ять основних фаз: сходи, «ялинки», бутонізація, цвітіння та досягання [212, 213].

Густоту стояння льону олійного визначали у фазі повних сходів та перед збиранням, для встановлення коефіцієнта виживання рослин. Висоту, сиру і суху біомаси рослин – визначали у фази «ялинки», бутонізації, цвітіння та досягання. Висоту вимірювали лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки із 50 рослин на закріплених ділянках.

Загальне водоспоживання посівів льону розраховували за спрощеною формулою із використанням коефіцієнту 0,7 [205] (2.2):

$$E = O_k + (W_n - W_y), \quad (2.2)$$

де  $E$  – сумарне водоспоживання, мм;

$O_k$  – корисні опади, мм;

$W_n$  – запас вологи у метровому шарі ґрунту на час сівби, мм;

$W_y$  – запас вологи у метровому шарі ґрунту на час збирання, мм

Коефіцієнт водоспоживання розраховували за формулою (2.3):

$$K_e = \frac{E}{y}, \quad (2.3)$$

де:  $K_e$  – коефіцієнт водоспоживання, м<sup>3</sup>/т

$E$  – сумарне водоспоживання за розрахунковий період, м<sup>3</sup>/га;

$y$  – врожайність насіння льону олійного, т/га.

Площу листової поверхні визначали у фази «ялинки», бутонізації, цвітіння та зеленої стиглості за формулою (2.4):

$$S = k \times l \times n, \quad (2.4)$$

де  $S$  – площа листа, см<sup>2</sup>;

$k$  – поправочний коефіцієнт, (0,67);

$l$  – довжина листа, см;

$n$  – ширина листа у найширшому місці, см.

Фотосинтетичний потенціал посіву розраховували за формулою (2.5) :

$$\Phi\Pi = \frac{(l_1 + l_2) * n_1 + \dots + (l_{n-1} + l_n) * n_n}{2}, \quad (2.5)$$

де:  $\Phi\Pi$  – фотосинтетичний потенціал, м<sup>2</sup>/га за добу;

$L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$  – площа листя на 1 га посіву культури, у відповідні строки визначення,  $m^2/га$ ;

$n_1, n_2 \dots n_n$  – кількість діб між двома відповідними визначеннями.

Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за формулою (2.6):

$$\text{ЧПФ} = \frac{M_2 - M_1}{(S_1 - S_2) * n}, \quad (2.6)$$

де: ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу,  $г/м^2$  за добу;

$M_1$  та  $M_2$  – маса сухої речовини в періоди визначення, г;

$S_1$  та  $S_2$  – площа листя в періоди визначення,  $m^2$ ;

$n$  – період між визначеннями, днів.

Визначення вносу NPK рослинами льону проводили методом відбору пробних снопів перед збиранням, у фазу повної стиглості та аналізу біологічної маси рослин на вміст відповідних елементів. Кількість азоту визначали по методу Кьельдаля; кількість фосфору – за модифікацією Мерфі-Рейлі з використанням аскорбінової кислоти; кількість калію – використовуючи полум'яний фотометр [214 – 216].

Мокре спалювання рослинного матеріалу виконували сумішшю сірчаної та хлорної кислоти – за Гінзбургом [217].

Облік урожаю насіння льону здійснювався способом суцільного збирання, прямим комбайнуванням, ділянок останнього порядку із попереднім відбором снопових зразків для оцінки структури урожаю, вологості та якості насіння.

Вологість насіння та показники якості визначали за державними стандартами: ДСТУ 4138-2002; ДСТУ 4811:2007 [153, 218]. Ваговий показник урожаю насіння перераховувався на абсолютну чистоту та базову вологість насіння у 9%.

У насінні льону визначали вміст сирого жиру за знежиреним залишком в апараті ЕЖ – 101 [219]. Жирнокислотний склад олії – методом газорідинної хроматографії на приладі «Сэлмихром - 1» [220].

Структуру врожаю визначали методом відбору та аналізу пробного снопа з кожної облікової ділянки. Був передбачений підрахунок кількості рослин на одиниці площі, коробочок на одній рослині, насінин в одній коробочці, насіння з однієї рослини, маси тисячі насінин та з однієї рослини.

Кількість коробочок з однієї рослини визначали на основі підрахунку їх загальної кількості у снопі. Маса насіння з однієї рослини визначали як співвідношення маси насіння зі всього снопу до кількості рослин у снопі. Маса насіння в одній коробочці визначали як співвідношення маси насіння до кількості коробочок. Кількість насінин визначали на підставі визначення маси 1000 шт насіння.

Результати обліків піддавали дисперсійному кореляційному та статистичному аналізам за допомогою програмного забезпечення для ПК: MS Excel 2010; MS Word 2010; Agrostat [205].

Економічну ефективність елементів біологізації технології вирощування льону олійного визначали за розрахунками технологічної карти, враховуючи існуючі нормативи виробничих витрат, агроресурсів за цінами 2025 року [221]. Біо-енергетичну оцінку елементів технології вирощування льону олійного провели за методикою Медведєва [222].

Агротехніка проведення дослідів була рекомендованою для господарств півдня Одеської області, за винятком досліджуваних факторів. Після збирання пшениці твердої озимої проводили лушення стерні, за схемою дослідів під полицеву оранку вносили добрива. Весною виконували ранньо-весняне боронування, передпосівну культивуацію, сівбу, та прикочування посівів.

У наукових дослідженнях було використано кондиційне насіння сорту льону олійного української селекції - «Водограй». Даний сорт селекціонований провідними фахівцями Інституту олійних культур НААНУ, включений у «Реєстр сортів рослин України», та придатний для вирощування в умовах Південноостепової зони.

Інокуляцію насіння льону олійного біологічними препаратами здійснювали згідно регламенту виробників безпосередньо перед сівбою. В дослідженнях застосовані продукти, переважно вітчизняних, наукових і виробничих установ: відділу загальної та ґрунтової мікробіології «Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ» – (Екориз; Ендофіт; Аверком-н; Фітофіт; Біофосфорин); біо-препарати ТОВ «Компанія «БТУ-Центр» - (Азотофіт-р; Екостерн Триходерма); препарати виробництва ФОП «Оліферчук В.П.» - (Міковітал); ТОВ «Живорост» - (Живорост); а також препарат іспанського виробника «Daumsa» - (Натур Вітал плюс).

Сівбу проводили при прогріванні ґрунту на глибину загортання насіння до температури в 6-8 °С, що в 2023 році відбулося 30 березня, а в 2024 – 2025 роках випало на 1 квітня. Захід проводили селекційною сівалкою з електронною системою висіву - «Клен-1,5» на міжряддя шириною 15 см, посівна норма склала 6 млн шт./га кондиційного схожого насіння. Одразу після сівби дослідні ділянки прикочували зубчасто-кільчастими котками КЗК-6.

Мінеральні добрива: аміачну селітру із вмістом азоту 34%, виробництва ПАТ «Азот», м. Черкаси, вносили поверхнево у передпосівну культивуацію; суперфосфат простий із вмістом фосфору 19%, виробництва ПАТ «Суміхімпром», м. Суми, вносили під оранку згідно схеми дослідів.

Боротьбу із бур'янами проводили хімічними засобами шляхом використання у фазі «ялинки» льону проти двосім'ядольних бур'янів, препарату Агрітокс нормою 1 л/га (диметиламінної солі, 637,7 г/л), та із інтервалом між обробками у 10 діб проти односім'ядольних бур'янів препарату Пантера нормою 1,5 л/га (хізалофоп-п-тефурил, 40 г/л).

Збирання урожаю проводили у фазу повної стиглості насіння способом суцільного обмолоту дослідних ділянок комбайном SAMPO-130.

### 2.3 Характеристика об'єктів досліджень

Досягнення заявленої мети досліджень та вирішення поставлених завдань здійснювали шляхом виконання сучасних та ефективних об'єктів досліджень якими слугували сорт льону олійного Водограй, а також біологічні препарати різного функціонального спрямування. Їх застосування яких було орієнтоване на оптимізацію умов мінерального живлення та підвищення продуктивності рослин із урахуванням агротехнічних вимог.

Сорт «Водограй» виведений науковцями Інституту олійних культур НААН України: Поляковою І.О., Лях В.О., Ягло М.М., Махно Ю.О., Товстановською Т.Г., Міщенко Л.Ю, та включений до Реєстру сортів рослин України в 2009 році. Він посухостійкий та має значне поширення в зоні Південного Степу України. Сорт середньостиглий, з тривалістю вегетаційного періоду у 87-89 діб, середньорослий, з висотою рослин 54-60 см, що забезпечує високу стійкість до вилягання. Сорт стійкий до осипання та придатний для прямого комбайнування, має високу стійкість до розтріскування коробочок. Насіння крупне, помірно коричневого кольору, із масою тисячі — 7,5-8,0 г. Вміст олії у насінні – високий, до 48-50 %. Сорт має великий потенціал врожайності, на рівні 20-25 ц/га [223].

Об'єктами досліджень були визначені наступні біологічні препарати, що переважно одночасно проявляють живильну, ріст-стимулюючу та опосередковано захисну дію на сільськогосподарські культурні рослини, зокрема олійного спрямування.

Група препаратів ріст-стимулюючої, та комплексної дії включала:

Екориз – високоефективний біологічний препарат що містить асоціативні азот-фіксуючі ґрунтові мікроорганізми *Agrobacterium radiobacter* IMV B-7246, продукти метаболізму яких проявляють водночас ріст-стимулюючу дію. Препарат рекомендований для застосування на зернових і технічних культурах. Агробактерії, що входять до складу вітчизняного препарату, відзначаються високим рівнем адаптованості до місцевих

грунтово-кліматичних (зональних) умов. У ризосфері рослин вони формують ефективні асоціації, здатні фіксувати атмосферний азот, що сприяє поліпшенню мінерального азотного живлення, активізації ростових процесів та оптимізації росту і розвитку рослин. Рослина, в свою чергу, забезпечує бактерії цукрами через кореневі виділення - екsudати. Продуктами життєдіяльності бактерій препарату також є: вітаміни, фітогормони, амінокислоти, полісахариди, які впливають на покращення ростових процесів збільшуючи біомасу культури та кількість плодоносних пагонів і репродуктивних органів. Препарат застосовують, переважно, для інокуляції насіння. За титруванням, кількість живих клітин бактерій у біологічному препараті складає від 5 до  $7 \cdot 10^9$  клітин/мл. [66].

Ендофіт – із вмістом бактерій штаму *Bacillus velezensis* IMB B-8135. Препарат проявляє себе як біологічний стимулятор росту рослин, що має широкий спектр дії. Водночас стимулюючи ростові процеси рослин та стійкість до абіотичних стресових факторів. Збільшує енергію проростання і польову схожість насіння. Споротвірні бактерії роду *Bacillus*, що входять до складу препарату, вступають в симбіотичний зв'язок з вищими рослинами, та захищають рослину господаря від патогенів (мікробної та грибової природи), завдяки виділенню широкого спектру антимікробних сполук. Мають високу стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища, із здатністю утворювати ендоспори.

Аверком-Н – полікомпонентний високоефективний метаболічний біологічний препарат призначений для передпосівної інокуляції насіння, санації ґрунту, та позакореневого внесення. Препарат має яскраво виражену ріст-стимулюючу дію та проявляє якості адаптогена, знімаючи стрес від пестицидного навантаження. Основою дії препарату на фізіологічні процеси рослин є низка природних мажорних авермектинів: А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, В<sub>1</sub> та В<sub>2</sub> в концентрації 0,01%, що були виділені із ґрунтового стрептоміцета *Streptomyces avermitilis*. Вони проникають в організм шкідників і нематод кишковим або контактним шляхом, проявляють безповоротну нервово-

паралітичну дію. Завдяки мікробним компонентам та природному еліситору хітозан, що входять до складу препарату, проявляє себе як біоінсектицид, акарицид та нематоцид [75].

Фітовіт – комплексний препарат метаболічного походження – стимулятор системної стійкості рослин до стресових факторів з біозахисним ефектом, що використовується для інокуляції насіння, обробки розсади і вегетуючих рослин. Основою препарату є біологічно активні компоненти, які виділені із ґрунтового стрептоміцету *Streptomyces netropsis*. Біологічно активні компоненти, що входять до складу препарату, проявляють високу антогоністичну активність проти фітопатогенних грибів і бактерій, а також діють як стимулятори росту, імуномодулятори та адаптогени, що сприяють індукції системної стійкості рослин та зниженню їх стресу від застосування гербіцидів [76].

Екостерн Триходерма – біологічно активний препарат, що проявляє водночас ріст-стимулюючу та захисну дію. Основою препарату є спори та міцелій грибів роду *Trichoderma*, які проявляють себе як антагоністи до патогенів, а також біологічно активні речовини, що стимулюють ростові процеси рослин, підвищують їх витривалість до стресових факторів та стійкість до хвороб. Вміст живих клітин грибу в препараті складає  $1 \times 10^7$  КУО/см<sup>3</sup>. Рекомендовані способи внесення: передпосівна обробка насіння; внесення в рядок під час сівби з метою стимуляції ростових процесів та захисту сходів і оздоровлення ґрунту; обприскування стерні під лушення, культивуацію чи боронування для ефективної деструкції пожнивних решток та зменшення кількості патогенів. Окрім стимуляції росту та розвитку культури, препарат забезпечує захисну дію від великої кількості грибних та бактеріальних патогенів: збудників фузаріозу, ризоктонії, вертицильозу, гелмінтоспориозу, септорії, переноспорозу, альтернарії, фітофтори та ін., завдяки антагоністичним властивостям грибів роду *Trichoderma* та вмісту в ньому продуктів метаболізму мікроорганізмів - речовин антибіотичної дії [74].

Живорост – гумат біологічного походження, що проявляє себе як природний стимулятор росту та антистресант рослин. Продукт отриманий шляхом виділення із біогумусу. В свою чергу біогумус вироблений з пожнивних решток рослин шляхом переробки вермикультурою червоного каліфорнійського хробака. У складі біостимулятора міститься достатньо велика кількість біологічно активних сполук: фульвових і гумінових кислот; фітогормони - цитокініни, гібереліни, ауксини; близько 17 амінокислот, серед яких: аспарагін, лізин, аргінін, глутамін, валін, гліцин. Компоненти препарату здатні впливати на основні процеси росту і розвитку рослин стимулюючи дружність сходів; розвиток потужної кореневої системи; підвищення врожайності і якості продукції; збільшення ефективності мінеральних добрив при сумісному використанні; зменшення стресу пов'язаного із пестицидним навантаженням. Застосовується шляхом інокуляції насіння та позакореневого підживлення культури [71].

Натур Вітал плюс – препарат ріст-стимулюючої дії, основою якого є органічні сполуки утворені із розкладених рослинних і мікробних решток. Містить гумінові кислоти у кількості 168 г/л препарату, а також фульвокислоти у кількості 84 г/л, та розчинний у воді калій у кількості 72 г/л. Для виробництва препарату використовується вугільна сировина – леонардит. Рідке добриво здатне підвищувати схожість насіння та проявляє ріст-стимулюючий ефект, збільшуючи ефективність засвоєння рослиною елементів живлення із ґрунту а також із мінеральних макро та мікродобрив, завдяки зростанню поглинальної здатності, через стимулювання фізіологічної активності кореневої системи рослин. Препарат підвищує стресостійкість рослин до екстремумів високих та низьких температур, пришвидшує процеси накопичення сухої речовини, збільшує асиміляційну площу листової поверхні та кількість репродуктивних органів рослин, проявляє добру дію при обробці насіння, позакореному підживленні та застосуванні у системі зрошення [72].

Азотофіт-Р – біологічний препарат, основою якого є штам бактерій роду *Azotobacter chroococcum*, які виконують азот-фіксуєчу дію, поглинаючи молекулярний атмосферний азот та збагачуюючи ним ґрунт і рослину з якою бактерія перебуває в асоціативному зв'язку. Побічним продуктом життєдіяльності бактерій є фітогормони: ауксини, гібереліни та цитокініни, які є природними біостимуляторами росту і розвитку рослин, підвищуючи схожість насіння та збільшуючи біомасу підземної та наземної частин рослини. Біопрепарат може бути застосовано шляхом передпосівної обробки насіння, через фертигацію або позакореневе підживлення культури. Кількість живих клітин мікроорганізму *Azotobacter chroococcum* в препараті становить щонайменше  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> [67, 68].

Препаратами живильної дії були наступні:

Міковітал – мікоризо-утворюючий препарат на основі активного штаму гриба *Vitasegia svidasoma Olfierchuk VS 1223* у концентрації  $7 \times 10^9$ /см<sup>3</sup> вегетативних клітин. Використовується шляхом передпосівної обробки насіння. Препарат формує у ризосфері рослини мікоризу – активне, взаємовигідне співіснування грибів, бактерій та рослин. Потрапляючи у ґрунт, гриб швидко закріплюється на коренях рослини та утворює потужну розгалужену мережу мікоризи, яка додатково забезпечує рослину необхідними мікроелементами та водою. За період свого життєвого циклу, гриб постачає рослині поживні речовини і додаткову вологу, в свою чергу, рослина живить грибицю цукрами та киснем. Така взаємовигідна симбіотична взаємодія між грибом і рослиною сприяє покращенню росту і розвитку культури, збільшує посухостійкість та урожайність шляхом оптимізації живлення та водоспоживання культурної рослини [73].

Біофосфорин – основною складовою препарату є фосфат-мобілізуєчі ґрунтові бактерії роду *Bacillus megaterium*, штаму - ІМВ В-5724. Біо-препарат призначений для інокуляції насіння сільськогосподарських культур та фоліарного внесення під час вегетації з метою поліпшення фосфорного живлення культури та для збільшення її продуктивності. Однак

найефективніше препарат працює в зоні ризосфери, а тому оптимальними методами внесення є: інокуляція насіння, внесення у ґрунт в посівне ложе, обробка ґрунту з наступною заробкою. Бактерії у складі препарату виробляють фермент фосфатазу, що розщеплює недоступні для рослин фосфати та переводить їх у доступну форму. Побічною, позитивною дією препарату, є активація корисної мікрофлори ґрунту. Препарат одночасно проявляє ріст-стимулюючий механізм впливу збільшуючи біомасу та ассимиляційну здатність кореневої системи. Кількість живих клітин фосфатмобілізуєчих бактерій у біо-препараті складає щонайменше  $0,5 \cdot 10^9$  клітин/мл. [69, 70].

### **Висновки до розділу 2**

Південні чорноземи є придатними для вирощування льону олійного, однак вирізняються невисокою родючістю та біологічною активністю ґрунту, що зумовлено обмеженим зволоженням та екстремальними температурними умовами. Активізація ґрунтової мікробіоти за таких умов є доцільною для покращення живлення рослин і підвищення врожайності культури.

За комплексом гідротермічних умов роки проведення досліджень мали відхилення від середніх багаторічних показників, однак загалом були репрезентативними для зони досліджень і оцінювалися як помірно сприятливі для формування врожайності насіння льону олійного.

Схеми дослідів і методики польових та лабораторних досліджень відповідають меті й завданням роботи та забезпечують отримання достовірних і репрезентативних результатів, що дало змогу встановити вплив досліджуваних факторів на формування врожайності й якості насіння льону олійного та науково обґрунтувати доцільність застосування заходів біологізації технології його вирощування.

### РОЗДІЛ 3

## УМОВИ РОСТУ Й РОЗВИТКУ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

### 3.1 Оцінка умов вологозабезпечення та використання води культурою

Сумарне водоспоживання льону олійного, за результатами досліджень, залежало від умов зволоження року та досліджуваних біологічних об'єктів як елементів технології. В середньому за роки досліджень при використанні біопрепаратів рістрегулюючої та комплексної дії сумарне водоспоживання культури зросло від 2211 м<sup>3</sup>/га на контролі, за обробки насіння водою, до 2246 м<sup>3</sup>/га за інокуляції посівного матеріалу комбінацією препаратів Екориз + Ендофіт (табл. 3.1).

*Таблиця 3.1*

**Структура та сумарне водоспоживання посівів льону олійного при застосуванні біологічних рістрегулюючих препаратів, мм (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Ґрунтова волога		Корисні опади		Сумарне водоспоживання мм
	мм	%	мм	%	
Обробка насіння водою	121,9	55,1	99,2	44,9	221,1
Екориз + Ендофіт	125,4	55,8	99,2	44,2	224,6
Аверком-н + Фітофіт	124,8	55,7	99,2	44,3	224
Міковітал	123,9	55,5	99,2	44,5	223,1
Екостерн Триходерма	124,2	55,6	99,2	44,4	223,4
Живорост	123,5	55,5	99,2	44,5	222,7
Натур Вітал плюс	123,2	55,4	99,2	44,6	222,4

Вплив біологічних препаратів на збільшення сумарного водоспоживання льону олійного проявлявся в межах від 13 до 35 м<sup>3</sup>/га.

Найбільші показники спостерігались на варіантах Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт, де збільшення водоспоживання встановлено на 1,6 та 1,3% відповідно.

Більша частка в сумарному водоспоживанні культури належала ґрунтовій волозі, на яку в середньому припадало від 55,1 до 55,8 %, при чому частка вологи ґрунту зростала за використання біо-препаратів на 0,3 – 0,7%. Відповідно частка у водоспоживанні, корисних опадів (5 мм і більше) пропорційно зменшувалась. Данні, що в посушливих умовах півдня України більша частка сумарного водоспоживання льону олійного складає саме ґрунтова волога, а також подібність впливу біологічних препаратів на величину споживання вологи культурою, отримані у роботах інших науковців [224].

Розрахунки коефіцієнту водоспоживання дозволяють оцінити ефективність використання вологи льоном олійним (табл. 3.2).

*Таблиця 3.2*

**Ефективність використання вологи посівами льону олійного в залежності від використання біо-препаратів, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Водоспоживання льону олійного		
	коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т	відхилення від контролю	
		м <sup>3</sup> /т	%
Обробка насіння водою	2498	-	-
Екориз + Ендофіт	2213	285	11,4
Аверком-н + Фітофіт	2238	261	10,4
Міковітал	2286	212	8,5
Екостерн Триходерма	2287	212	8,5
Живорост	2359	139	5,6
Натур Вітал плюс	2361	137	5,5

Вони свідчать, що коефіцієнт водоспоживання змінювався від 2213 до 2498 м<sup>3</sup>/т,. За використання біологічних препаратів рослини на формування одиниці продукції більш економно використовували воду. Зменшення коефіцієнту водоспоживання знаходилось в межах – 137 – 285 м<sup>3</sup>/т. Найбільш заощадливе використання вологи спостерігалось на варіантах обробки насіння Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт, де рослини витрачали менше води на 10,4 – 11,4%

У дослідженнях із застосуванням біологічних препаратів асоціативної азотфіксації та азотних мінеральних добрив, сумарне водоспоживання льону олійного складало від 2210 до 2261 м<sup>3</sup>/га, із закономірним зростанням від використання всіх досліджуваних елементів технології (табл. 3.3).

*Таблиця 3.3*

**Сумарне водоспоживання посівів льону олійного та його структура залежно від застосування заходів покращення азотного живлення, мм (середня за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Ґрунтова волога		Корисні опади		Сумарне водоспоживання мм
	мм	%	мм	%	
Обробка насіння водою	121,8	55,1	99,2	44,9	221
Азотофіт-р	124,5	55,7	99,2	44,3	223,7
Екориз	124,2	55,6	99,2	44,4	223,4
N <sub>15</sub>	123,7	55,5	99,2	44,5	222,9
N <sub>30</sub>	125,8	55,9	99,2	44,1	225
N <sub>45</sub>	126,9	56,1	99,2	43,9	226,1

Фони мінерального азоту N<sub>15</sub>, N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub> збільшували показник на 19 – 51 м<sup>3</sup>/га. При цьому, зі збільшенням норми добрив, зростало сумарне водоспоживання. Подібна тенденція прослідковується і в інших дослідженнях [225]. Найбільше зростання, використання вологи культурою, в

цілому по досліді, забезпечували норми азоту 30 та 45 кг/га, із абсолютними показниками – 2250 та 2261 м<sup>3</sup>/га відповідно.

Застосовані біологічні препарати асоціативної азот-фіксації Екориз та Азотофіт-р збільшували сумарне водоспоживання культури на 24 – 27 м<sup>3</sup>/га, з абсолютними показниками 2234 – 2237 м<sup>3</sup>/га, що більше за значення показника на варіанті із внесенням 15 кг/га мінерального азоту – 2229 м<sup>3</sup>/га.

Сумарне водоспоживання льоном олійним зростало саме за рахунок ґрунтової вологи. На фонах із мінеральним азотом її частка зростала від 55,5 до 56,1%. На варіантах із біо-препаратами від 55,6 до 55,7% відповідно. Тоді як на контрольному варіанті частка використання ґрунтової вологи знаходилось на рівні 55,1%.

Використання різних норм хімічних азотних добрив сприяло ощадливому використанню води та відповідно зменшувало коефіцієнт водоспоживання (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Ефективність використання вологи посівами льону олійного залежно від заходів азотного живлення, (середня за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Водоспоживання льону олійного		
	коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т	відхилення від контролю	
		м <sup>3</sup> /т	%
Обробка насіння водою	2478	-	-
Азотофіт-р	2268	210	8,4
Екориз	2302	176	7,0
N <sub>15</sub>	2346	131	5,3
N <sub>30</sub>	2150	327	13,1
N <sub>45</sub>	1991	487	19,5

Фони мінерального азоту 15, 30 та 45 кг/га зменшували коефіцієнт на 131 – 487 м<sup>3</sup>/т. Збільшення норми азоту дозволяло рослинам льону олійного економніше витратити вологу. Біологічні препарати Азотофіт-р та Екориз при застосуванні заощаджували воду на 176 – 210 м<sup>3</sup>/т насіння, що з точки зору раціонального використання води є більш ефективними за норму мінерального азоту – 15 кг/га, проте менш ефективним за норми 30 та 45 кг/га відповідного макроелемента

У дослідженнях із вивченням фосфат-мобілізуючого препарату Біофосфорин, фонів мінеральних фосфорних добрив та комбінацій їх використання – сумарне водоспоживання льону кудряшу зростало на всіх варіантах відмінних від контролю, та змінювалось від 2223 до 2233 м<sup>3</sup>/га (табл. 3.5).

*Таблиця 3.5*

**Сумарне водоспоживання посівів льону олійного та його структура залежно від заходів оптимізації фосфорного живлення, мм (середня за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Ґрунтова волога		Корисні опади		Сумарне водоспоживання мм
	мм	%	мм	%	
Обробка насіння водою	121,7	55,1	99,2	44,9	220,9
P <sub>15</sub>	123,1	55,4	99,2	44,6	222,3
P <sub>30</sub>	123,9	55,5	99,2	44,5	223,1
Біофосфорин	123,4	55,4	99,2	44,6	222,6
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	123,7	55,5	99,2	44,5	222,9
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	124,1	55,6	99,2	44,4	223,3

Фони мінерального фосфору нормою 15 та 30 кг/га збільшували водоспоживання культури на 14 – 22 м<sup>3</sup>/га; Біофосфорин – на 17 м<sup>3</sup>/га;

комбінації Біофосфोरину із P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> – на 20 та 24 м<sup>3</sup>/га що ми пов'язуємо із більшення біомаси.

Найбільша частка у водоспоживанні культурою належала ґрунтовій волозі. Її роль у формуванні урожаю зростала за використання всіх досліджуваних факторів від 55,4% на варіантах із окремим застосуванням 15 кг/га мінерального фосфору та Біофосфोरину до 55,6% на варіанті комбінованого використання Біофосфोरину та 30 кг/га фосфору.

У дослідженнях із вивчення біологізації фосфорного живлення фони мінерального фосфору, препарат Біофосфорин та їх комбінації зменшували коефіцієнт водоспоживання культури від 2494 м<sup>3</sup>/т на контрольному варіанті до 2282 м<sup>3</sup>/т за комбінації Біофосфोरину та 30 кг/га фосфору (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Показники ефективності використання вологи посівами льону олійного залежно від заходів оптимізації фосфорного живлення, (середня за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Водоспоживання льону олійного		
	коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т	відхилення від контролю	
		м <sup>3</sup> /т	%
Обробка насіння водою	2494	-	-
P <sub>15</sub>	2372	122	4,9
P <sub>30</sub>	2301	194	7,7
Біофосфорин	2355	139	5,6
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	2304	191	7,6
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	2282	212	8,5

Фони мінерального фосфору нормами 15 та 30 кг/га заощаджували споживання води культурою на формування урожаю, на рівнях 4,9 – 7,7 %; Біофосфорин – на 5,6 %; комбінації Біофосфोरину із P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> – на 7,6 та 8,5 %. З точки зору ефективного використання вологи, найбільш доцільним є

використання мінерального фосфору нормою 30 кг/га у поєднанні із Біофосфорином та окремо. Варіанти комбінацій Біофосфору із  $P_{15}$  та  $P_{30}$  більш раціонально використовують вологу ніж окреме використання фосфору такими нормами. В свою чергу застосування Біофосфору є більш ефективно за норму мінерального фосфору 15 кг/га, з позиції раціонального використання води.

### **3.2 Поживний режим ґрунту та вплив застосування біологічних препаратів**

На початкових етапах розвитку культура льону олійного характеризується низькою поглинальною здатністю кореневої системи, тому висуває високі вимоги до забезпеченості ґрунту елементами живлення.

Аналізуючи агрохімічні показники ґрунту у дослідях із вивчення біологічних препаратів, найвищий вміст нітратного азоту було відмічено перед посівом культури, що знаходився в діапазоні значень 10,87 – 11,10 мг/кг ґрунту.

Біологічні об'єкти досліджень не мали вираженого впливу на вміст азоту. Після завершення вегетації кількість нітратів скоротилась в 2,8 рази, що зумовлено споживанням культурою впродовж сезону, та знаходилась в діапазоні 3,88 – 4,12 мг/кг ґрунту. Комбінація біологічних препаратів Екориз+Ендofіт мала достовірний вплив на величину азоту у ґрунті, збільшуючи його вміст на 4,8% порівняно із контролем, що пояснюється участю азот-фіксуєчого препарату Екориз. Решта досліджуваних об'єктів не мали впливу на вміст нітратів у ґрунті після завершення вегетації льону, оскільки коливання абсолютних значень були в межах статистичної похибки.

Досліджувані біологічні об'єкти не впливали а ні на припосівний вміст фосфору у ґрунті а ні на передзбиральний, з коливаннями значень від 56,11 до 56,55 мг/кг та від 50,84 до 51,45 мг/кг ґрунту у відповідні періоди. За період вегетації вміст фосфору знижувався в межах 9,2 – 9,4%. Не мало

впливу застосування біологічних препаратів і на вміст калію, як на початку із показниками – 268,1 – 287,1 мг/кг так і по завершенні вегетації, де показник знаходився на рівнях – 250,2 – 268,7 мг/кг. Відповідно вміст калію в процесі вегетації зменшився в межах значень 6,4 – 6,6%.

Особливо високі вимоги, як культура азотофіл, льон олійний висуває до забезпеченості ґрунту азотом. Вивчаючи вплив технології біологізації азотного живлення, було відмічено підвищення вмісту нітратів за передпосівного внесення мінеральних азотних добрив нормами N<sub>15</sub>, N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub>. З підвищенням дози мінерального азоту до 30 та 45 кг/га вміст нітратів у ґрунті достовірно збільшувався в межах значень 7,9 – 12%. Біологічні елементи технології, Азотофіт-р та Екориз перевищували контроль в абсолютних значеннях, проте таке перевищення було нижче значення НІР<sub>05</sub> (табл.3.7).

Таблиця 3.7

**Вміст елементів живлення в орному шарі ґрунту при вирощуванні льону олійного по технології біологізації азотного живлення, мг/кг (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Припосівна			Передзбиральна		
	N	P	K	N	P	K
Обробка насіння водою	10,52	58,71	288,1	3,63	53,21	272,3
Азотофіт-р	10,58	58,24	291,9	3,92	52,56	272,6
Екориз	10,53	58,57	287,2	3,90	52,87	269,2
N <sub>15</sub>	10,92	58,21	274,6	4,04	51,70	258,4
N <sub>30</sub>	11,35	58,35	271,9	4,13	51,85	254,7
N <sub>45</sub>	11,78	58,45	274,8	4,21	52,16	254,0
НІР <sub>05</sub>	0,41	0,52	19,2	0,15	1,52	17,3

По завершенню вегетації всі досліджувані елементи технології мали достовірний вплив на збільшення величини залишкового азоту у ґрунті.

Фони азотних добрив  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  та  $N_{45}$  перевищували значення контролю на 11,3 – 16%, тоді як біологічна група Азотофіт-р та Екориз збільшували вміст нітратів на 7,4 – 8%.

За період вегетації льону олійного, досліджувані елементи технології азотного живлення, не мали впливу на вміст у ґрунті фосфору, що було підтверджено статистичним аналізом. Припосівні показники вмісту елемента знаходились в межах – 58,21 – 58,71 мг/кг, тоді як передзбиральні – 51,70 – 53,21 мг/кг. Нижчі показники вмісту фосфору по завершенні вегетації на фонах азотних добрив  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  та  $N_{45}$  знаходились в межах похибки досліду.

Вміст калію у ґрунті змінювався від 271,9 до 291,9 мг/кг перед посівом культури та від 254 до 272,6 мг/кг перед збиранням культури. Якщо в першому випадку достовірної відміни не було відмічено, то у другому фоні мінерального азоту  $N_{30}$  та  $N_{45}$  статистично підтверджено знижували показники вмісту калію у ґрунті після завершення вегетації.

Досліджуючи вплив елементів технології біологізації фосфорного живлення льону олійного, виявлено, що внесення фосфорних добрив нормами  $P_{15}$  та  $P_{30}$ , обробка насіння біологічним препаратом Біофосфорин та їх комбіноване застосування – не впливають на вміст нітратів у ґрунті на початку вегетації, коли показники знаходились в межах – 10,74 – 10,93 мг/кг (табл. 3.8).

За настання повної стиглості культури, порівняно із контролем, вміст нітратів достовірно зменшувався на всіх варіантах досліду. Так на фоні  $P_{15}$  та  $P_{30}$  зменшувалась кількість нітратного азоту на 11,5 – 14%; Біофосфорин на 13%; комбінації Біофосфोरину та  $P_{15}$  і  $P_{30}$  на 20,9 – 21,6%.

Зовсім іншим був вплив досліджуваних об'єктів на динаміку вмісту фосфору у ґрунті. На початку вегетації культури, достовірно збільшувало вміст макроелемента внесення фосфорних добрив нормами 15 та 30 кг/га, зі зростанням показників в межах 4,4 – 8,9%. Тоді як Біофосфорин не проявляв вираженого впливу.

Таблиця 3.8

**Вміст елементів живлення в орному шарі ґрунту при вирощуванні льону олійного по технології біологізації фосфорного живлення, мг/кг (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Припосівна			Передзбиральна		
	N	P	K	N	P	K
Обробка насіння водою	10,79	57,76	272,9	3,99	52,64	256,2
P <sub>15</sub>	10,85	60,29	286,8	3,50	55,09	268,1
P <sub>30</sub>	10,74	62,93	269,4	3,58	56,73	251,4
Біофосфорин	10,93	57,58	284,9	3,53	53,82	266,2
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	10,82	60,72	278,0	3,28	55,23	259,2
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	10,89	62,81	284,6	3,30	57,01	265,7
НІР <sub>05</sub>	0,32	2,1	18,5	0,12	1,8	15,2

Ситуація змінилась після завершення вегетації, коли при застосуванні фосфат-мобілізуючого препарату Біофосфорин встановлено збільшення кількості фосфору у ґрунті лише в абсолютних значеннях, на 2,2%, тоді як норми фосфору P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> достовірно збільшували показники на 4,6 – 7,7%; поєднання Біофосфору та P<sub>15</sub> і P<sub>30</sub> відповідно на 4,9 – 8,3%.

Стосовно вмісту калію у орному шарі, то на початку вегетації показники знаходились в діапазоні – 269,4 – 284,9 мг/кг і досліджувані об'єкти не мали впливу на кількість макроелемента. Після завершення вегетації льону олійного вміст калію знаходився в діапазоні значень від 251,4 до 268,1 мг/кг де достовірної відміни від показників контролю, також не було виявлено.

### 3.3 Мікробіологічна активність ґрунту залежно від елементів технології

Біологічна активність ґрунту залежить не тільки від застосованих біологічних елементів технології та режиму зволоження а й від системи обробітку [226].

Варіанти із застосуванням Екоризу й Азотофіту-р характеризувались найбільшою чисельністю педотрофних мікроорганізмів, які беруть участь у кругообігу вуглецю у ґрунті. При цьому їх кількість була більшою за контрольну в 2,7 та 2,5 разів відповідно. Вплив препаратів Азотофіт-р та Екориз за динаміку окремих груп мікроорганізмів є подібним, тоді як застосування Біофосфорину із цими препаратами мали різноспрямований вплив на представлені групи мікроорганізмів.

Найбільший вплив на чисельність групи Олігазотрофних бактерій мало застосування препарату Екориз. Їх чисельність зросла порівняно і природнім фоном в 1,96 рази. Зростала також група Педотрофних мікроорганізмів в 2,7 рази. Доцільно зазначити, що група целюлозоруйнівних мікроорганізмів переважно зростала чисельністю бактерій, які склали 70% цієї групи.

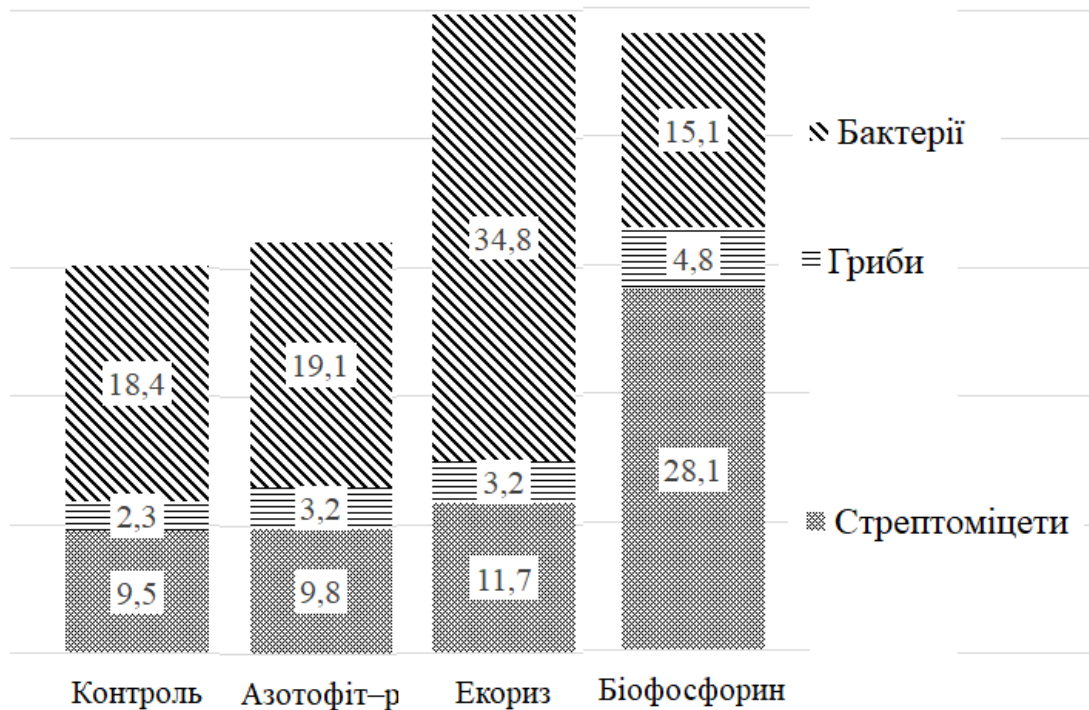
При використанні інокуляції насіння препаратом Азотофіт-р встановлено зростання чисельності Олігазотрофних бактерій на 38,2%, тоді як Педотрофних мікроорганізмів в 2,5 рази. Група целюлозоруйнівних мікроорганізмів не зазнавала істотних змін представників.

Препарат Біофосфорин збільшував кількість фосфатмобілізуючих мікроорганізмів в 3,28 рази. Та, окрім відповідної групи мікроорганізмів зумовлював зростання чисельності Педотрофної групи на 87,4%, а серед целюлозоруйнівних представників групу Стрептоміцетів в 2,96 рази.

Структура групи целюлозоруйнівних мікроорганізмів при інокуляційному застосуванні біопрепаратів представлена на рисунку 3.1.

Данні свідчать, що найбільш динамічними та чисельними є Стрептоміцети та Бактерії. При цьому препарат Екориз при інокуляції

насіння льону вагомо збільшував чисельність бактерій, до  $34,8 \text{ КУО} \cdot 10^4$  тоді як Біофосфорин чисельність групи Стрептоміцетів.



**Рис. 3.1. Структура групи целюлозуруйнівних мікроорганізмів у ґрунті під посівами льону олійного,  $\text{КУО} \cdot 10^4$**

### Висновки до розділу 3

Встановлено, що сумарне водоспоживання льону олійного складає 220-226 мм та на 55-56% забезпечується запасами ґрунтової вологи. Застосування біологічних ристрегулюючих препаратів та заходів покращення азотного і фосфорного режимів живлення збільшують сумарне водоспоживання льону олійного на 2,4-5,1 мм, однак зменшують коефіцієнт водоспоживання на 9,3-24,5%. Найбільш економічне витрачання води забезпечує використання препаратів Екориз + Ендофіт 2213  $\text{м}^3/\text{т}$ , Екориз 2320  $\text{м}^3/\text{т}$ , та Біофосфорин 2355  $\text{м}^3/\text{т}$ . З позиції використання вологи найбільш раціональними є фони живлення  $\text{N}_{45}$  1991  $\text{м}^3/\text{т}$  та  $\text{P}_{30}$  + Біофосфорин 2282  $\text{м}^3/\text{т}$ .

Біологічні препарати асоціативної азотфіксації Азотофіт-р та Екориз застосовані для інокуляції насіння, по завершенню вегетації достовірно

збільшують кількість нітратного азоту порівняно із контролем на 4,8%, забезпечуючи його вміст на рівні мінерального фону  $N_{15}$ .

Застосування бактеріального добрива Біофосфобактерин забезпечує вищі залишкові запаси рухомого фосфору порівняно із контролем на 2,24%, формуючи їх на рівні мінерального фону  $P_{15}$ . Сумісне застосування вищого мінерального фону  $P_{30}$  + Біофосфорин забезпечує на час збирання льону олійного достовірно вищий вміст рухомого фосфору.

Внесення мінеральних азотних та фосфорних добрив збільшує відповідно кількість доступних форм елементів на час сівби та збирання культури відносно контролю.

Біологічні препарати асоціативної азотфіксації Екориз і Азотофіт-р збільшують кількість педотрофних мікроорганізмів у ґрунті в 2,7 та 2,5 разів; олігазотрофних бактерій на 96 та 38,2%. Препарат Біофосфорин збільшує кількість фосфатмобілізувальних мікроорганізмів в 3,28 рази порівняно із варіантом без обробки насіння.

## РОЗДІЛ 4

### ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ Й РОЗВИТКУ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

#### 4.1 Тривалість міжфазних періодів росту й розвитку рослин

Температурний режим впродовж вегетації льону олійного, рівні забезпечення вологою та елементами живленням, та інші відмінності зумовлені застосуванням біологічних препаратів і добрив вплинули на тривалість періодів росту й розвитку культури, як в окремо взяті роки, так і в середньому за період польових досліджень (додатки В.1 – В.9).

Найбільшою тривалістю характеризувались міжфазні періоди: цвітіння – повна стиглість та ялинка – бутонізація, що становили 45,7-46,2 та 21,4-22,1% часу відповідно. Найкоротшим за тривалістю (8 діб) встановлений період повні сходи – ялинка (табл. 4.1).

Біологічні препарати, як об'єкт дослідження, не проявляли вираженої рістрегулюючої дії та не впливали на тривалість фаз росту і розвитку рослин на початкових етапах вегетації - у періоди сівба-сходи та сходи - ялинка. Починаючи із міжфазного періоду ялинка - бутонізація тривалість вегетації культури збільшувалась на один день на варіантах застосування усіх досліджуваних об'єктів і становила 23 доби порівняно із контролем – 22 доби. В подальшому, використання біологічних препаратів: Екориз+Ендофіт; Аверком+Фітофіт; Міковітал та Екостерн Триходерма подовжувало міжфазні періоди генеративного розвитку олійного льону, бутонізація – цвітіння та за винятком варіанту Екостерн Триходерма: цвітіння – повна стиглість, на одну добу.

В середньому, за роки досліджень, найбільш тривалий період вегетації встановлено на варіантах застосування біо-препаратів: Екориз+ Ендофіт; Аверком+Фітофіт та Міковітал. Тривалість від появи сходів до повної стиглості складала 91 добу, що на три доби довше за контрольний варіант де дозрівання спостерігалось на 88 добу. Препарат Екостерн Триходерма

подовжував строк вегетації на дві доби, а ріст-стимулятори Живорост та Натур Вітал плюс у середньому на одну добу.

Таблиця 4.1

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного залежно від застосування рістрегулюючих та комплексних біологічних препаратів, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Міжфазні періоди	Варіанти дослідю						
	Обробка насіння водою	Екориз + Ендофіт	Аверком + Фітофіт	Міковітал	Екостерн Триходерма	Живорост	Натур Вітал плюс
Сівба – сходи	15	15	15	15	15	15	15
Сходи – «ялинка»	8	8	8	8	8	8	8
«Ялинка» – бутонізація	22	23	23	23	23	23	23
Бутонізація – цвітіння	10	11	11	11	11	10	10
Цвітіння – повна стиглість	48	49	49	49	48	48	48
Сівба – повна стиглість	103	106	106	106	105	104	104
Сходи – повна стиглість	88	91	91	91	90	89	89

Рослини льону олійного виразно реагують на рівень азотного живлення, що проявляється у зміні тривалості та перебігу основних фенологічних фаз розвитку. За достатнього забезпечення азотом інтенсивніше відбувається формування листкового апарату спостерігається подовження цвітіння та вегетативного періоду в цілому. Водночас можливі негативні наслідки і надмірного азотного живлення.

У досліді із вивчення бактеріальних діазотрофних препаратів найдовше тривали міжфазні періоди: цвітіння – повна стиглість та ялинка – бутонізація, які складали 53,2 – 54,5 та 25 – 26% часу від періоду сходи – повна стиглість.

Найкоротшим встановлено період: повні сходи – настання фази ялинка, що становило 8,7 – 9,1% часу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного залежно від факторів оптимізації азотного живлення, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду					
	Обробка насіння водою	Азотофіт	Екориз	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub>
Сівба – сходи	15	15	15	15	15	15
Сходи – ялинка	8	8	8	8	8	8
Ялинка – бутонізація	22	23	23	23	24	24
Бутонізація – цвітіння	10	11	11	10	11	11
Цвітіння – повна стиглість	48	49	49	48	49	49
Сівба – повна стиглість	103	106	106	104	107	107
Сходи – повна стиглість	88	91	91	89	92	92

Жоден із об'єктів дослідження не впливав на тривалість початкових міжфазних періодів росту культури: від проростання до появи морфотипу «ялинка». Покращення азотного живлення за рахунок внесення мінерального азоту нормами N<sub>45</sub> та N<sub>30</sub> подовжувало період вегетації льону на чотири доби. Таке подовження відбувалося за рахунок міжфазних періодів: «ялинка» – бутонізація на дві доби; бутонізація – цвітіння та цвітіння – повна стиглість на одну добу відповідно. Передпосівна обробка насіння препаратами Азотофіт та Екориз мала дещо менший прояв на фенологічні процеси та подовжувала міжфазні періоди: «ялинка» – бутонізація на одну добу; бутонізація – цвітіння на одну добу; цвітіння – повна стиглість на одну добу.

Передпосівне внесення  $N_{15}$  впливало на тривалість лише періоду «ялинка» – бутонізація та подовжувало його на одну добу.

Усереднені за роки досліджень показники продемонстрували, більш виражений ефект застосування елементів мінерального живлення. Найдовший період сівба - повна стиглість, був визначений на варіантах досліду із внесенням  $N_{45}$  та  $N_{30}$  та становив 107 діб, що відповідає подовженню періоду на 3,9%. Рослини варіантів із обробкою насіння препаратами азот-фіксуючої дії: Азотофіт та Екориз мали тривалість періоду – 106 діб, що відповідає подовженню вегетації на 2,9% часу. Внесення мінерального азоту нормою  $N_{15}$  подовжувало строк вирощування культури на одну добу, до 104 днів, що становить перевищення лише на 0,97%.

Фосфорне живлення має менш виражений вплив на перебіг фенологічних фаз льону олійного, однак зумовлює активізацію енергетичного обміну, формування кореневої системи та генеративних органів, що має певні прояви. Фосфор сприяє деякому скороченню тривалості вегетативного періоду і прискореному переходу рослин до генеративних фаз — бутонізації та цвітіння. Це забезпечує більш вирівняний і синхронний перебіг фенологічних фаз, а також рівномірне формування коробочок і насіння.

У досліді із застосуванням заходів біологізації фосфорного живлення препарат Біофосфорин не мав вираженого впливу на фенологію культури. Навіть на варіанті із внесенням  $P_{15}$  різниці у настанні фаз росту розвитку із контролем не встановлено. Однак на фоні внесення  $P_{30}$  відзначений вплив на тривалість вегетаційного періоду який подовжувався від 88 до 91 доби за рахунок тривалості міжфазних періодів «ялинка» – бутонізація із строком їх тривалості від 22 до 23 діб, бутонізація – цвітіння в межах 10 – 11 діб, цвітіння – повна стиглість від 48 до 49 діб відповідно (табл. 4.3).

Варіант із сумісним застосуванням Біофосфोरину на фоні внесення  $P_{30}$  збільшував тривалість основних фаз розвитку льону по періодам: ялинка –

бутонізація, бутонізація – цвітіння та цвітіння – повна стиглість на одну добу кожен, та відповідно всього вегетаційного періоду на три доби.

Таблиця 4.3

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації фосфорного живлення, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліді					
	Обробка насіння водою	P <sub>15</sub>	P <sub>30</sub>	Біофосфорин	Біофосфорин + P <sub>15</sub>	Біофосфорин + P <sub>30</sub>
Сівба – сходи	15	15	15	15	15	15
Сходи – ялинка	8	8	8	8	8	8
Ялинка – бутонізація	22	22	23	23	23	23
Бутонізація – цвітіння	10	10	10	10	10	11
Цвітіння – повна стиглість	48	48	49	48	48	49
Сівба – повна стиглість	103	103	105	104	104	106
Сходи – повна стиглість	88	88	90	89	89	91

Застосування лише фосфорного добрива нормою P<sub>30</sub> подовжувало міжфазні періоди ялинка – бутонізація та цвітіння – повна стиглість на одну добу. Варіанти із обробкою насіння Біофосфорином, як окремо, так і у поєднанні із фосфорними добривами, Біофосфорин + P<sub>15</sub>, впливали лише на тривалість міжфазного періоду «ялинка» – бутонізація подовжуючи його на одну добу. Внесення фосфору нормою P<sub>15</sub> не мало впливу на тривалість вегетаційного періоду льону олійного в цілому та протікання окремих фаз росту і розвитку культури.

Важливим показником, що впливає на урожайність культури є густина стояння рослин на площі. Вона, в свою чергу, залежить від польової схожості насіння, агротехніки та погодних умов впродовж періоду вегетації.

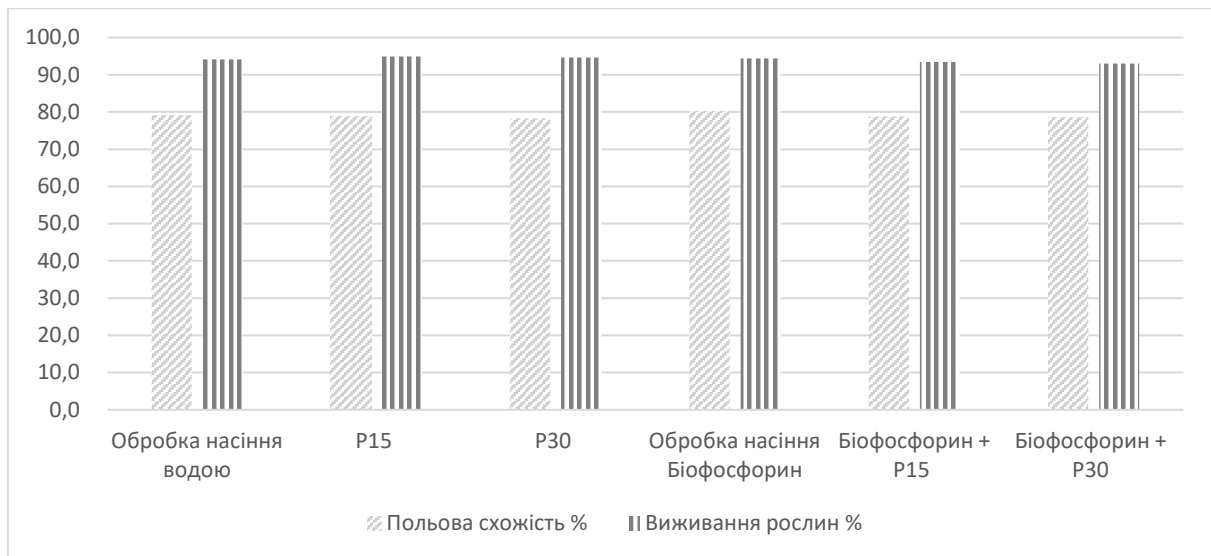
За результатами проведених досліджень (2023–2025рр.), польова схожість та густина стояння рослин льону олійного, переважно залежали від погодно-кліматичних умов в року спостереження.

В середньому за три роки, у польових дослідах із вивчення біологічних препаратів ріст-стимулюючої, живильної та опосередковано захисної дії – досліджувані об'єкти не впливали на польову схожість культури та густоту стояння рослин, на час повної стиглості. Частково це можна пояснити відсутністю, при спостереженнях, спалахів фітопатологій і шкідників рослин льону олійного впродовж вегетаційного періоду.

Коливання абсолютних значень польової схожості, виживання та густоти рослин перебували в межах варіації, обумовленої природною мінливістю та похибкою експерименту, і за результатами статистичної обробки не досягали рівня достовірності. Польова схожість у відсотковому вираженні перебувала в діапазоні 79,8 - 81,5%. Перед-збиральна густина стояння рослин 454 - 464 шт/м<sup>2</sup>.

Досліджуючи елементи біологізації азотного живлення, визначено діапазон коливань польової схожості, що становив 80,3 - 81,2%; густина стояння знаходилась в межах 450 - 455 шт/м<sup>2</sup>. Зниження відсотка польової схожості в абсолютних величинах, на фонах мінерального азоту N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub> із показниками 80,3 і 80,8 в.п. не було статистично достовірним.

Аналізуючи елементи біологізації фосфорного живлення льону кучерявцю встановлено польову схожість в межах – 78,3 – 80,2% та передзбиральну густоту стояння – 439 – 454 шт/м<sup>2</sup>. Коливання показників досліджуваних об'єктів не отримали підтвердження при статистичному аналізі НІР<sub>05</sub> (рис. 4.1).



**Рис. 4.1. Польова схожість льону олійного та виживання рослин, за використання елементів біологізації фосфорного живлення, % (середнє за 2023–2025 рр.)**

Це є опосередкованим свідченням, що фосфорне живлення не виступало обмежуючим фактором в процесі формування щільності стеблостою культури.

#### **4.2 Вплив біологічних препаратів на динаміку ростових процесів, формування біомаси та споживання елементів живлення**

Висота рослин, як ознака, пов'язана з морфологічними особливостями та рівнем реалізації продуктивного потенціалу культури, та є відображенням умов росту й живлення. Зі збільшенням висоти рослин, переважно зростає наземна маса, формується більше репродуктивних органів, що супроводжується активнішим формуванням механічних і провідних тканин. Це пов'язано із міцністю стебла, його здатністю утримувати генеративні органи та транспортувати асимілянти до зон формування врожаю. В оптимальних умовах живлення і вологозабезпечення більша висота рослин корелює з інтенсивнішим фотосинтезом, більшою асиміляційною поверхнею та зростанням продуктивності.

Водночас надмірна висота, особливо у наслідок надлишкового азотного живлення, може супроводжуватися зниженням міцності стебла, подовженням міжвузлів і підвищенням ризику вилягання, що негативно позначається на продуктивності, що переважно непритаманно льону олійному в зоні дослідження. У науковій літературі є підтвердження, що висота рослин льону олійного має пряму залежність від рівня вологозабезпечення, теплового режиму, рівня забезпеченості культури елементами живлення та тісно корелює з урожайністю. За низьких показників забезпечення вологою, тривалість міжфазних періодів скорочується і рослини формують меншу висоту [227].

Надходження опадів і тепловий режим упродовж вегетації культури за роки досліджень характеризувалися значною контрастністю. Сприятливі погодні умови на початкових етапах розвитку рослин, як правило, змінювалися тривалими та інтенсивними посухами впродовж більшої частини вегетаційного періоду (табл. 4.4).

*Таблиця 4.4*

**Вплив обробки насіння біологічними препаратами на динаміку висоти рослин льону олійного, см (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку			
	ялинка	бутонізація	цвітіння	повна стиглість
Обробка насіння водою	11,8	34,5	51,0	54,2
Екориз + Ендофіт	12,2	36,1	55,2	58,4
Аверком-н + Фітофіт	12,1	36,7	54,9	58,1
Міковітал	12,2	35,8	54,1	57,4
Екостерн Триходерма	12,2	35,9	54,2	57,6
Живорост	12,1	35,8	53,4	57,0
Натур Вітал плюс	12,0	35,7	53,3	56,9
НІР <sub>05</sub>	0,3	0,9	1,2	1,3

За таких складних умов вирощування досліджувані біологічні препарати мали неоднаковий вплив на динаміку ростових процесів льону олійного (льону-кучерявцю). Всі досліджувані препарати збільшували висоту рослин льону олійного уже розпочинаючи із фази «ялинка». На варіантах із передпосівною обробкою насіння препаратами Екориз + Ендофіт, Екостерн Триходерма та Міковітал таке збільшення було достовірним а приріст склав – 0,4 см.

На період настання фази бутонізація, найбільше на висоту льону вплинуло застосування препаратів Аверком-н + Фітофіт з приростом у 2,2 см. Та Екориз + Ендофіт з показником 1,6 см. Менший проте достовірний за показником НІР<sub>05</sub>, вплив на збільшення висоти рослин, мали біо-препарати: Екостерн Триходерма – 1,4 см, Живорост – 1,3 см., Міковітал – 1,3 см. Та Натур Вітал плюс – 1,2 см. Фазу цвітіння, всі досліджувані об'єкти мали істотний, статистично підтверджений, вплив на ростові процеси із показниками приросту висоти рослин: Екориз + Ендофіт – 4,2 см.; Аверком-н + Фітофіт – 3,9 см.; Екостерн Триходерма – 3,2 см.; Міковітал – 3,1 см.; Живорост – 2,4 см. Та Натур Вітал плюс із показником – 2,3 см.

У фазі повної стиглості всі досліджувані біологічні препарати забезпечували достовірне збільшення висоти рослин льону олійного. Найвищі показники висоти рослин забезпечили варіанти із застосуванням для обробки насіння препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт — відповідно 58,4 і 58,1 см. Інші досліджувані препарати формували висоту рослин у межах 56,9–57,6 см, що перевищувало контрольний варіант (54,2 см).

Таким чином варіанти із обробкою насіння препаратами Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт впродовж вегетації культури мали переваги щодо лінійних розмірів рослин, що проявлялося включно до збирання культури.

У досліді з вивчення впливу на ростові процеси льону біологічних препаратів асоціативної азотфіксації всі досліджувані елементи технології мали статистично достовірний вплив на лінійні розміри рослин упродовж вегетаційного періоду, в усіх фазах розвитку культури. (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Вплив елементів технології азотного живлення на динаміку висоти рослин льону олійного, см (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти досліді	Фази росту й розвитку			
	ялинка	бутонізація	цвітіння	повна стиглість
Обробка насіння водою	11,4	35,6	51,8	54,0
Азотофіт-р	11,9	36,9	55,8	57,6
Екориз	11,8	36,7	55,2	57,3
N <sub>15</sub>	12,0	37,1	54,8	57,0
N <sub>30</sub>	12,4	38,8	58,4	61,0
N <sub>45</sub>	13,1	41,3	62,5	65,1
НІР <sub>05</sub>	0,27	0,88	1,1	1,39

Найбільшим впливом на ріст рослин вирізнялися варіанти застосування мінеральних добрив N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub> кг/га. Приріст висоти рослин на цих варіантах у фазу «ялинка» становив 8,7–14,9 %, у фазу бутонізації — 8,9–16,0 %, у фазу цвітіння — 12,7–20,6 %, у фазу повної стиглості — 13,0–20,5 %.

Варіант із нормою внесення азоту N<sub>15</sub> переважав біологічні препарати за показниками висоти рослин у фазах «ялинка» та бутонізації, забезпечивши приріст на рівні 5,3 і 4,2 % відповідно, проте поступався варіанту обробки насіння препаратами Азотофіту-р та Екоризу у фазах рослин цвітіння й повна стиглості, де приріст становив 5,8 і 5,5 %.

Досліджувані елементи біологізації азотного живлення забезпечили підвищення висоти рослин порівняно із контролем у всі основні фази

розвитку культури. Так, застосування Азотофіту-р зумовлювало приріст висоти рослин на 4,4; 3,6; 7,7 і 6,6 % у фази «ялинки», бутонізації, цвітіння та повної стиглості відповідно. Препарат Екориз, застосований для обробки насіння, підвищував висоту рослин на 3,5; 3,1; 6,5 і 6,1 % у відповідні фази розвитку.

Характерною особливістю було те, що всі варіанти дослідів з покращення азотного живлення — як група біологічних препаратів інокуляції насіння, так і мінеральних добрив проявлялися в часі і забезпечували більший відсотковий приріст висоти рослин у фазу цвітіння порівняно з фазою бутонізації.

У досліді з вивчення біологізації фосфорного живлення льону олійного встановлено, що у фазу «ялинки» всі досліджувані заходи не мали достовірного впливу на висоту рослин (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Вплив заходів оптимізації фосфорного живлення льону олійного на динаміку висоти рослин, см (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку			
	ялінка	бутонізація	цвітіння	повна стиглість
Обробка насіння водою	11,7	35,5	52,2	55,4
P <sub>15</sub>	11,5	35,7	53,5	56,6
P <sub>30</sub>	11,6	36,5	54,2	57,3
Біофосфорин	11,6	36,1	53,8	56,8
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	11,7	36,3	54,2	57,2
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	11,8	36,9	55,3	58,2
НІР <sub>05</sub>	0,22	0,69	0,70	1,03

Натомість, починаючи з фази бутонізації, досліджувані елементи технології виявляли вплив на ростові процеси культури, що відобразалося в

абсолютних показниках висоти рослин із різном рівнем достовірності. Так статистично вагоме збільшення висоти рослин, підтверджене величиною  $НІР_{05}$ , зафіксовано у варіантах із застосуванням мінерального фону  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$ ,  $P_{30}$  та  $P_{15} + \text{Біофосфорин}$ , де приріст висоти становив відповідно 1,4; 1,0 та 0,8 см.

В процесі подальшої вегетації, досліджувані елементи технології проявляли вагомі переваги, достовірно збільшуючи висоту рослин. У фазу цвітіння перевищення складали від 1,3 до 3,1 см, а у фазу повної стиглості від 1,2 до 2,8 см. У відсотковому вимірі збільшення висоти перебувало в межах від 2,5 до 5,9% та від 2,2 до 5% у відповідні фази.

Найбільший вплив на висоту рослин на останніх етапах їх росту та розвитку мали варіанти із застосуванням  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$  та  $P_{30}$ . Надалі варіанти, зі зменшенням ступеня впливу, розподілилися таким чином:  $P_{15} + \text{Біофосфорин}$ ; Біофосфорин та  $P_{15}$ .

За сумісного застосування Біофосфोरину та внесенням добрив  $P_{15}$  збільшення висоти рослин в абсолютних показниках спостерігалось в усі фази розвитку культури, за винятком фази «ялинки», порівняно з варіантом самостійного застосування Біофосфोरину. У варіанті досліду  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$  збільшення висоти рослин порівняно з варіантом застосування лише Біофосфोरину було статистично достовірним, що підтверджено величиною  $НІР_{05}$  у відповідні фази розвитку культури. Такий ефект зумовлений поєднаною дією мінерального фосфору та фосфатмобілізуючої мікрофлори, яка підвищувала доступність елементу живлення для рослин. На підставі стану рослин можна передбачити, що відбувалося покращення фосфорного живлення льону олійного, що, у свою чергу, сприяло інтенсифікації інших процесів росту та розвитку.

Для об'єктивної та більш достовірної оцінки ростових процесів льону олійного доцільно аналізувати швидкість лінійного приросту рослин впродовж окремих міжфазних періодів росту й розвитку культури. Цей показник виражається в мм/добу.

У міжфазний період ялінка-бутонізація за використання при обробці насіння композиції біологічних препаратів Аверком-н + Фітофіт збільшувало швидкість росту льону на 0,4 мм/добу. Решта досліджуваних варіантів або забезпечували лінійний приріст на рівні із контролем або перевищували його в абсолютних значеннях в межах статистичної похибки, із показниками добового приросту від 10,27 до 10,43 мм/добу (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Вплив біологічних препаратів на швидкість лінійного росту рослин льону олійного, мм/добу (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти досліджу	Фази росту й розвитку		
	ялінка- бутонізація	бутонізація- цвітіння	цвітіння-повна стиглість
Обробка насіння водою	10,27	15,9	0,70
Екориз + Ендофіт	10,27	17,2	0,67
Аверком-н + Фітофіт	10,67	16,9	0,63
Міковітал	10,37	17,0	0,67
Екостерн Триходерма	10,40	17,1	0,70
Живорост	10,40	16,9	0,77
Натур Вітал плюс	10,43	16,9	0,73
НІР <sub>05</sub>	0,25	0,37	0,02

При цьому доцільно врахувати, що тривалість періоду ялінка-бутонізація за використання біологічних препаратів була на одну добу довше. В період від фази бутонізація до цвітіння досліджуванні варіанти мали суттєвий, статистично достовірний, вплив швидкість лінійногоросту. Найбільше прискорювало ростові процеси, використання препаратів Екориз + Ендофіт; Екостерн Триходерма та Міковітал на яких збільшення складало відповідно 1,3; 1,2 та 1,1 мм/добу. Препарати Аверком-н + Фітофіт;

Живорост та Натур Вітал плюс пришвидшували лінійний приріст рослин на 1 мм/добу.

У міжфазний період цвітіння – повна стиглість застосування біологічних препаратів Живорост і Натур Вітал Плюс забезпечувало підвищення швидкості лінійного росту рослин до 0,77 і 0,73 мм/добу відповідно. Водночас, з огляду на подовження тривалості міжфазних періодів, досліджувані об’єкти найбільшою мірою впливали на добову лінійну швидкість росту рослин у період від фази бутонізації до цвітіння.

При запровадженні заходів покращення азотного живлення, встановлено, що найбільший вплив на швидкість добового лінійного приросту рослин забезпечувало застосування підвищених норм азотних добрив — N<sub>45</sub> та N<sub>30</sub> (табл. 4.8).

*Таблиця 4.8*

**Вплив заходів покращення азотного живлення на швидкість лінійного росту рослин льону олійного, мм/добу (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку		
	ялінка-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-повна стиглість
Обробка насіння водою	11,0	15,5	0,47
Азотофіт-р	11,0	17,4	0,33
Екориз	11,0	17,0	0,43
N <sub>15</sub>	11,1	17,0	0,47
N <sub>30</sub>	11,0	17,7	0,53
N <sub>45</sub>	11,8	19,3	0,53
НІР 05	0,23	0,39	0,01

Передпосівне внесення добрив нормою 45 кг/га сприяло істотному зростанню швидкості добового приросту рослин упродовж вегетації

культури. Так, у період «ялинка» – бутонізація показник швидкості збільшувався на 7,2 %, у період бутонізація – цвітіння — на 24,5 %, а в період цвітіння – повна стиглість — на 12,7 % відповідно.

Отримані результати свідчать про високу роль оптимізації азотного живлення у формуванні інтенсивності ростових процесів льону олійного, особливо у критичний період від бутонізації до цвітіння, коли потреба рослин в азоті є максимальною. Внесення азоту нормою 30 кг/га пришвидшувало ріст рослин від фази бутонізація до цвітіння та від цвітіння до повної стиглості на 14,2 та 12,7% відповідно. Використання біологічних об'єктів асоціативної азот-фіксації впливало на збільшення динаміки лінійного приросту рослин у міжфазний період бутонізація-цвітіння. Показники на варіанті Азотофіт-р та Екориз, у зазначений проміжок часу, були на рівні або більше ніж на варіанті внесення азоту  $N_{15}$ , в абсолютних значеннях, відповідно у відсотковому вираженні перевищували контрольний варіант на 12,2 та 9,7%.

Препарати у досліді оптимізації фосфорного живлення, проявляли істотний вплив на швидкість росту олійного льону у міжфазний період бутонізація-цвітіння (табл. 4.9).

Найбільші значення встановлені у варіанті із використанням для передпосівної обробки насіння препарату Біофосфорин у поєднанні із внесенням мінерального фосфору на рівні 15 кг/га. На цьому варіанті встановлено зростання 1,13 мм/добу або 7%.

Варіанти з окремим застосуванням фосфатмобілізуючого препарату Біофосфорин, а також фони фосфорних добрив у нормах 15 і 30 кг/га, забезпечували зростання швидкості лінійного росту рослин на 1,03 мм/добу, або 6,4 %. Сумісне застосування Біофосфорину з нормою фосфору  $P_{30}$  у відповідний міжфазний період прискорювало лінійний ріст рослин льону на 1,0 мм/добу, або 6,2 %, що було найменшим показником серед досліджуваних варіантів.

Таблиця 4.9

**Вплив елементів технології фосфорного живлення на швидкість лінійного росту рослин льону олійного, мм/добу (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку		
	ялинка- бутонізація	бутонізація- цвітіння	цвітіння-повна стиглість
Обробка насіння водою	10,8	16,07	0,67
P <sub>15</sub>	10,9	17,10	0,63
P <sub>30</sub>	11,0	17,10	0,60
Біофосфорин	10,8	17,10	0,63
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	10,8	17,20	0,67
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	10,9	17,07	0,60
НІР <sub>05</sub>	0,28	0,41	0,02

Водночас у цьому варіанті зазначений міжфазний період тривав на одну добу довше порівняно з контролем дослідів, що частково зумовило зниження інтенсивності добового приросту.

Під час вегетації культури важливим процесом у формуванні урожаю є накопичення сухої маси, яка має безпосередній вплив на продуктивність посівів олійного льону та є відображенням ефективності фотосинтетичної діяльності посіву (табл. 4.10).

Стратегія росту льону олійного проявляється в тому, що починаючи від сходів і до настання фази ялинка, рослини активно формують органи поглинання та засвоєння речовин, збільшують площу листя, масу коренів, глибини їх проникнення та характеризуються незначною наземною біомасою. За результатами обліків у фазу «ялинка» суха біомаса льону становила 47–50 кг/га.

Таблиця 4.10

**Вплив біологічних препаратів на формування сухої наземної маси посівів льону олійного, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку			
	ялинка	бутонізація	цвітіння	повна стиглість
Обробка насіння водою	0,047	0,76	2,23	3,33
Екориз + Ендофіт	0,050	0,87	2,62	3,81
Аверком-н + Фітофіт	0,050	0,86	2,57	3,75
Міковітал	0,049	0,84	2,49	3,66
Екостерн Триходерма	0,049	0,84	2,49	3,67
Живорост	0,048	0,81	2,39	3,54
Натур Вітал плюс	0,047	0,81	2,39	3,53
НІР 05	0,001	0,02	0,07	0,1

Подальші фази вегетації характеризувалися наростанням інтенсивності формування сухої маси рослин. Так, на початку бутонізації її рівень досягав 0,76–0,87 т/га. У наступний міжфазний період — від бутонізації до цвітіння спостерігалось подальше динамічне, водночас найбільш інтенсивне за весь час, накопичення сухої речовини. У фазу цвітіння маса сухої речовини зростала порівняно з попередньою фазою у 3,01 рази. За використання біологічних препаратів приріст сухої маси становив 0,16–0,39 т/га.

Накопичення сухої речовини продовжувалося й надалі, однак менш інтенсивно. У фазу повної стиглості суха маса рослин зростала у 1,49 рази порівняно з фазою цвітіння. Застосування біологічних препаратів забезпечувало додаткову прибавку сухої маси льону олійного в межах 0,20–0,48 т/га.

При наростанні сухої біомаси, протягом всього періоду вегетації культури, проявилися переваги використання біологічних препаратів.

Виключення становили варіанти Живорост та Натур Вітал плюс у фазу «ялинки», де показники були на рівні контролю та в межах похибки. Найбільший ефект накопичення біомаси зафіксовано від використання препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт. Передпосівна обробка ними насіння, у фазу повної стиглості забезпечувала приріст сухої маси рослин на 12,6 – 14,4%.

Аналіз заходів азотного живлення льону олійного показав, що фони мінеральних добрив, та біологічні препарати забезпечували статистично достовірну різницю маси рослин при визначеннях упродовж усього періоду онтогенезу. Виключенням був фон N<sub>15</sub>, де у фазу «ялинки», збільшення віжбулося лише в абсолютних значеннях показника (табл. 4.11).

Таблиця 4.11

**Вплив елементів технології азотного живлення на формування сухої наземної маси посівів льону олійного, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку			
	ялинка	бутонізація	цвітіння	повна стиглість
Обробка насіння водою	0,048	0,77	2,23	3,35
Азотофіт-р	0,050	0,85	2,52	3,70
Екориз	0,050	0,83	2,46	3,64
N <sub>15</sub>	0,049	0,82	2,39	3,56
N <sub>30</sub>	0,052	0,90	2,69	3,92
N <sub>45</sub>	0,056	0,97	2,94	4,26
НІР <sub>05</sub>	0,001	0,03	0,07	0,1

Найбільшу прибавку сухої маси рослин забезпечувало підвищення рівня мінерального фону до 30 і 45 кг/га. Так, у фазу «ялинки» приріст сухої

біомаси льону становив 4–8 кг/га, у фазу бутонізації — 0,13–0,20 т/га, у фазу цвітіння — 0,46–0,71 т/га, а у фазу повної стиглості — 0,57–0,91 т/га.

Біологічні препарати асоціативної азотфіксації поступалися за ефективністю мінеральним фонам  $N_{30}$  і  $N_{45}$ , однак перевищували варіанти із нормою  $N_{15}$  та контролем. Зокрема, застосування біопрепарату азотфіксуючої дії Азотофіт-р забезпечувало статистично достовірне збільшення сухої маси льону-кучерявцю у фазі цвітіння та повної стиглості порівняно з внесенням азоту нормою 15 кг/га — відповідно на 5,4 та 3,9 %. Варіант із використанням препарату Екориз мав перевагу над фоном  $N_{15}$  за абсолютними значеннями показника, проте ця різниця не була статистично достовірною.

У середньому за роки досліджень, у фазу повної стиглості культури, застосування мінерального азоту нормою 45 кг/га сприяло збільшенню сухої маси льону олійного на 27,2 %, нормою 30 кг/га — на 17,0 %, використання Азотофіту-р — на 10,4 %, Екоризу — на 8,6 %, а внесення  $N_{15}$  — на 6,3 %.

Покращення фосфорного живлення, як збільшення сухої надземної маси рослин льону олійного, статистично достовірно після проходження фази «ялинки» (табл. 4.12).

Найбільшу прибавку сухої маси льону забезпечував варіант  $P_{30}$  + Біофосфорин, за якого приріст показника становив у фазу бутонізації — 80 кг/га, у фазу цвітіння — 0,32 т/га, у фазу повної стиглості — 0,35 т/га.

Варіанти з використанням  $P_{30}$  та  $P_{15}$  + Біофосфорин характеризувалися близькими показниками та забезпечували збільшення сухої маси рослин у фазу бутонізації — 70 кг/га, у фазу цвітіння — 0,26–0,28 т/га, у фазу повної стиглості — 0,31–0,32 т/га.

Показники приросту сухої маси на варіантах застосування Біофосфору перевищували значення на ділянках  $P_{15}$  за абсолютними значеннями та статистично достовірно перевищували контроль.

Таблиця 4.12

**Вплив елементів технології фосфорного живлення на формування сухої наземної маси посівів льону олійного, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти досліджу	Фази росту й розвитку			
	ялінка	бутонізація	цвітіння	повна стиглість
Обробка насіння водою	0,047	0,76	2,21	3,32
P <sub>15</sub>	0,047	0,80	2,36	3,51
P <sub>30</sub>	0,048	0,83	2,49	3,64
Біофосфорин	0,047	0,81	2,39	3,54
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	0,048	0,83	2,47	3,63
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	0,048	0,84	2,53	3,67
НІР <sub>05</sub>	0,001	0,03	0,06	0,09

У середньому за роки досліджень у фазу повної стиглості льону олійного застосування P<sub>30</sub> + Біофосфорин зумовило збільшення сухої наземної маси культури на 10,5 %, тоді як внесення P<sub>30</sub> — на 9,6 %, а застосування Біофосфору — на 6,6 %. Використання комбінації P<sub>15</sub> + Біофосфорин мало переваги порівняно із внесенням виключно P<sub>15</sub> де приріст становив 5,7 %. Таким чином сумісне застосування заходів мінерального удобрення та біологічних препаратів є переваги в накопиченні сухої наземної маси.

Препарати рістрегулюючої дії впливають на накопичення елементів живлення в масі рослин опосередковано, через регуляцію фізіолого-біохімічних процесів, за рахунок активізації кореневого живлення, інтенсифікації обмінних процесів та оптимізації внутрішньорослинного перерозподілу поживних речовин.

Споживання та накопичення основних елементів мінерального живлення в сухій надземній масі льону олійного характеризувалося диференційованим розподілом між органами рослин. Встановлено переважне накопичення азоту та фосфору у плодах культури, тоді як найбільший вміст калію спостерігався у стеблах культури (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

**Вміст елементів живлення в наземній масі льону олійного у фазу повної стиглості за використання біологічних препаратів, % (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Макро-елементи					
	коробочки			стебла		
	азот	фосфор	калій	азот	фосфор	калій
Обробка насіння водою	2,25	0,84	1,25	1,20	0,14	1,81
Екориз + Ендofіт	2,81	0,92	1,31	1,43	0,16	1,88
Аверком-н + Фітофіт	2,79	0,87	1,21	1,32	0,16	1,89
Міковітал	2,64	0,85	1,29	1,32	0,13	1,89
Екостерн Триходерма	2,79	0,87	1,15	1,34	0,12	1,86
Живорост	2,65	0,89	1,10	1,33	0,11	1,84
Натур Вітал плюс	2,60	0,83	1,29	1,31	0,12	1,91
НІР 05	0,10	0,02	0,04	0,05	0,01	0,06

У середньому на етапі завершення вегетації, співвідношення між азотом, фосфором та калієм складало 1:0,26:0,74.

Застосування біологічних препаратів активізувало процеси азотного живлення рослин, що позитивно позначилося на засвоєнні азоту, унаслідок чого вміст елементу в надземній біомасі достовірно перевищував контроль. Переважне його накопичення відбувалося у генеративних органах. У коробочках його вміст становив 2,60–2,81%, тоді як у стеблах — 1,31–1,43%,

що зумовлено активнішим перерозподілом азоту на формування репродуктивних структур. За вмістом азоту у коробочках льону, найбільшими значеннями виділялися варіанти із препаратами Екориз + Ендофіт, Аверком-н + Фітофіт та Екостерн Триходерма, що водночас демонстрували достовірне збільшення порівняно з препаратами Міковітал та Живорост. Зростання вмісту елементу становило – 24 – 24,9%. При цьому на варіантах застосування препаратів Міковітал та Живорост встановлено достовірне перевищення вмісту азоту в коробочках над контролем, яке складало 0,39-0,40 відсоткових пунктів.

Стосовно величини вмісту нітрогену у стеблах льону, істотну перевагу над іншими препаратами та контролем мало поєднання Екориз + Ендофіт з показниками приросту 19,1%. Решта досліджуваних препаратів збільшували абсолютні значення показника на 9,2 – 11,6%.

Вміст фосфору у коробочках рослин коливався від 0,84 до 0,92%, що відповідає коефіцієнту варіації 3,57%, тоді як у стеблах – від 0,11 до 0,16%, де варіювання досягало 14,8%.

За відсотком вмісту фосфору у коробочках і стеблах рослин льону, статистично підтверджену перевагу варіанту Екориз + Ендофіт над контролем та іншими препаратами, у якого перевищення над контролем складало 9,5 та 14,3%. Високим впливом на показники вмісту фосфору в коробочках вирізнявся і препарат Живорост також демонстрував достовірне перевищення показників як порівняно з варіантами застосування інших біологічних препаратів, так і відносно контролю. Водночас його перевага над іншими об'єктами за вмістом елемента проявлялася лише у коробочках, де приріст становив 5,95%.

Застосування суміші препаратів Аверком-н + Фітофіт забезпечило достовірну перевагу за вмістом фосфору в надземній масі рослин порівняно з контрольним варіантом. Водночас при застосуванні препарату Екостерн Триходерма та Живорост також достовірно встановлено перевищення

контролю за вмістом цього елемента в коробочках, однак у соломі їхні показники були статистично нижчими.

За вмістом калію у наземній масі розподіл відбувався наступним чином: коробочки рослин містили від 1,10 до 1,31%; стебла – від 1,58 до 1,91%. Коефіцієнти варіації даного показника відповідно складали 6,45 та 6,22%.

Вміст калію у коробочках олійного льону достовірно збільшувався за використання препарату Екориз + Ендофіт, на 4,8%, тоді як у стеблах його вміст був достовірно нижчим. У коробочках рослин льону достовірно нижчий вміст калію відмічено за обробки насіння препаратом Живорост, де зниження становило 0,05 пункту, тоді як вплив інших препаратів перебував у межах порогу статистичної достовірності.

За вмістом елемента у стеблах достовірну перевагу мали препарати: Аверком-н + Фітофіт, Міковітал та Натур Вітал плюс де перевищення над контролем було в межах 4,4 – 5,5%.

У науковій літературі наведено дані, які свідчать, що внесення мінерального азоту зумовлює підвищення концентрації цього макроелемента в надземній масі рослин льону олійного. При цьому зі збільшенням норм азотних добрив спостерігається пропорційне зростання вмісту азоту в тканинах культури [56].

Покращення азотного живлення олійного льону, шляхом внесення мінеральних добрив та застосування біологічних препаратів всі варіанти мали достовірну перевагу за вмістом цього елемента у наземній масі рослин в межах 2,60 – 2,85% у коробочках та 1,29 – 1,42% у стеблах (табл. 4.14).

Встановлено, що найбільший і достовірний вплив проявлявся на фонах мінерального живлення  $N_{30}$  та  $N_{45}$ . За цих умов зафіксовано підвищення вмісту азоту в коробочках на 25,1–27,8%, а у стеблах — на 9,7–15,4%.

Біологічні препарати Азотофіт-р та Екориз за передпосівної обробки насіння забезпечували показники вмісту азоту в коробочках і стеблах на одному достовірному рівні із фоном мінерального живлення  $N_{15}$ . При цьому

вміст азоту в стеблах рослин на більш високому фоні - N<sub>30</sub> та варіанті обробки насіння Азотофіт -Р також перебував на однаковому рівні.

Таблиця 4.14

**Вміст макроелементів в наземній масі льону олійного при запровадженні заходів азотного живлення, % (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти досліджу	Макро-елементи					
	коробочки			стебла		
	азот	фосфор	калій	азот	фосфор	калій
Обробка насіння водою	2,23	0,81	1,15	1,23	0,12	1,79
Азотофіт-р	2,65	0,75	1,35	1,32	0,14	1,92
Екориз	2,60	0,76	1,25	1,29	0,13	1,76
N <sub>15</sub>	2,61	0,64	1,1	1,29	0,09	1,76
N <sub>30</sub>	2,79	0,95	1,25	1,35	0,13	1,83
N <sub>45</sub>	2,85	0,84	1,18	1,42	0,11	1,93
НІР <sub>05</sub>	0,11	0,02	0,04	0,04	0,01	0,05

Варіювання вмісту фосфору в коробочках та стеблах рослин було найвищим серед представлених макроелементів, відповідно 13,1 та 14,9%. Заходи з поліпшення азотного живлення супроводжувалися переважно зниженням вмісту фосфору в коробочках і стеблах на різних рівнях статистичної достовірності. Ймовірно, така тенденція зумовлена порушенням оптимального співвідношення елементів живлення, зокрема зміщенням у бік азотного забезпечення та обмеженості наявності фосфору.

Внесення мінеральних добрив N<sub>15</sub> та обробка насіння перпаратами Азотофіт-р та Екориз демонстрували достовірне зменшення вмісту фосфору в коробочках рослин на 0,05-0,17 пунктів. При цьому на фоні внесення N<sub>45</sub> та N<sub>30</sub> їх вміст був достовірно вищим контролю, на 0,03-0,14 відсоткових

пункти. Такі відмінності могли бути зумовлені різною біологічною активністю ґрунтової біоти.

Кількість фосфору у стеблах коливалася у вузькому діапазоні абсолютних значень, стандартне відхилення становило 0,018 одиниць. За використання для обробки насіння препарату Азотофіт-р встановлено достовірне, порівняно із контролем, перевищення на 0,02 одиниці а на фоні внесення мінеральних добрив  $N_{15}$  зменшення на 0,03 одиниці.

На фоні заходів покращення азотного живлення вміст калію мав найменший розмах відхилень. Коефіцієнт варіювання відповідно для коробочок та стебел складав 7,31 та 4,19%. На фоні внесення азоту  $N_{30}$  та обробки насіння препаратами Азотофіт-р та Екориз встановлено збільшення вмісту калію в коробочках рослин на достовірному рівні 0,1-0,2 пункти. На фоні внесення  $N_{15}$  встановлено зменшення вмісту калію на 4,3% відносно контролю тоді як на фоні внесення  $N_{45}$  даний показник перебував на рівні контролю.

Достовірне зростання кількості калію у стеблах було зумовлено використанням Азотофіт-р та на фоні  $N_{45}$  із показниками зростання у 1,92 та 1,93%. Решта досліджуваних варіантів мали показники відхилення від контролю на рівні статистичної похибки.

У дослідженнях заходів покращення фосфорного живлення кількість азоту у коробочках льону олійного коливалась від 2,25 до 2,61%, тоді як у стеблах від 1,17 до 1,30% (табл. 4.15).

Отримані результати свідчать, що покращення фосфорного живлення, особливо, у поєднанні з біологічним препаратом Біофосфорин, сприяло підвищенню накопичення азоту, переважно у генеративних органах. Вміст азоту в коробочках льону олійного коливався від 2,25 до 2,61%, що відповідає коефіцієнту варіації 6,19%.

Таблиця 4.15

**Вміст макроелементів в наземній масі льону олійного при запровадженні заходів фосфорного живлення, % (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти досліджу	Макро-елементи					
	коробочки			стебла		
	азот	фосфор	калій	азот	фосфор	калій
Обробка насіння водою	2,27	0,70	1,27	1,17	0,10	1,76
P <sub>15</sub>	2,25	0,74	1,32	1,30	0,10	1,86
P <sub>30</sub>	2,55	0,84	1,25	1,27	0,14	1,82
Біофосфорин	2,47	0,76	1,41	1,28	0,12	1,82
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	2,53	0,81	1,37	1,24	0,12	1,80
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	2,61	0,89	1,37	1,28	0,15	1,86
НІР <sub>05</sub>	0,10	0,03	0,05	0,03	0,01	0,05

Внесення фосфорних добрив у нормі P<sub>30</sub> забезпечило достовірне підвищення вмісту азоту до 2,55%, що перевищує контроль на достовірному рівні. При цьому на фоні P<sub>15</sub> переваги були меншими за НІР<sub>05</sub>.

Застосування біологічного препарату Біофосфорин як окремо, так і в поєднанні з мінеральним фосфором, сприяло зростанню концентрації азоту в коробочках. Найвищий показник, 2,61%, відмічено у варіанті P<sub>30</sub> + Біофосфорин, що достовірно перевищував як контроль, так і варіант внесення P<sub>15</sub>.

Коливання вмісту фосфатів у коробочках льону олійного відповідало величині коефіцієнту варіації 8,84%, а показники змінювалися в межах 0,70–0,89%. Варіант обробки насіння водою характеризувався найнижчим значенням вмісту елемента 0,70%. Внесення мінеральних добрив у нормі P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> забезпечувало проте достовірне підвищення показника на 0,04 та 0,14 пунктів. Застосування біологічного препарату Біофосфорин мало

ефективність на рівні внесення  $P_{15}$  проте достовірно поступалося рівню на фоні  $P_{30}$ .

Застосування біологічного препарату Біофосфорин у поєднанні з внесенням мінеральних фосфорних добрив додатково посилювало накопичення фосфатів у генеративних органах. Максимальне значення їх вмісту відмічено у варіанті  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$  (0,89%), який достовірно перевищував усі інші варіанти досліджу. Варіанти  $P_{15} + \text{Біофосфорин}$  (0,81%) мав достовірну перевагу щодо виключно інокуляції Біофосфорин його значення були наближеними до максимального мінерального фону  $P_{30}$ , різниця між якими була на рівні  $HP_{05}$ .

У стеблах вміст фосфатів відповідав варіюванню в 16,8 % та коливався у перерахунку на суху речовину від 0,10 до 0,15%. Контрольний варіант та мінеральний фон  $P_{15}$  мали однакові значення вмісту фосфатів - 0,10%. Достовірне підвищення концентрації фосфатів спостерігалось на решті варіантів досліджу. За підвищення мінерального фону до  $P_{30}$  перевищення відносно попередніх обох варіантів складало 0,04, що вище значення  $HP_{05}$ . Достовірним було збільшення присутності фосфатів у масі стебел при обробці насіння Біофосфорин, де перевищення відносно контролю складало 20,0 %). Проте найбільші значення вмісту фосфору встановлено на варіанті поєднання мінерального внесення  $P_{30}$  та інокуляції насіння Біофосфорин де вміст складав 0,15% що перевищувало контрольний варіант на 0,05% при значенні  $HP_{05} = 0,01$ .

Вміст калію, на відміну від азоту та фосфору був вищим саме у стеблах культури. Коливання його показників в коробочках та соломі було найбільш вузьким, коефіцієнт варіації показників складав відповідно 4,71 та 3,74%.

Найбільший рівень калію у коробочках льону забезпечувало використання бактеріального добрива Біофосфорин окремо та у комбінації із мінеральним фосфорними добривами у нормах  $P_{15}$  та  $P_{30}$  кг/га. У цих варіантах приріст відносно контролю складав від 7,9 до 11%. Важливо, що на цих варіантах встановлено достовірне зростання кількості калію порівняно із

ділянками виключно мінерального живлення  $P_{15}$  та  $P_{30}$ . Застосування Біофосфору достовірно переважало за вмістом калію варіанти внесення мінерального фосфору у нормах 15 та 30 кг/га.

В стеблах льону також проявилось переважно достовірне збільшення вмісту калію на варіантах покращення фосфорного живлення рослин. За виключенням варіанту  $P_{15}$  + Біофосфорин, збільшення вмісту калію у стеблах льону складало 0,06-0,10 відсоткових пунктів. При цьому найбільшим вміст елементу, 1,86%, був зафіксований на фоні внесення  $P_{15}$  та  $P_{30}$  + Біофосфорин

Зростання вмісту елементів живлення в біологічній масі рослин при внесенні мінеральних добрив та запровадженні засобів біологізації є опосередкованим свідченням покращення режимів живлення рослин, що має потенційно позитивний вплив на ріст розвиток та формування продуктивності рослин льону олійного.

#### **4.3 Формування та фотосинтетична діяльність листового апарату льону олійного**

Накопичення пластичних речовин культурою, що відбувається завдяки процесу фотосинтезу, є матеріальною основою формування майбутнього урожаю. Тому площа поверхні листя, як головного фотосинтезуючого органу, відіграє ключову роль у формуванні продуктивності рослин. Чим більшу площу листової поверхні вдається сформувати культурі в найважливіші фази розвитку, тим більше сонячної енергії здатна поглинути рослина [228].

Рослини в цілому характеризуються певною циклічністю розвитку фотосинтетичного апарату. Впродовж ювенільного періоду відбувається його формування, яке швидко переростає у інтенсивний розвиток впродовж вегетативного етапу. На генеративному етапі спостерігається подальше збільшення площі листя та досягнення ними максимальної площі, після чого по мірі розвитку репродуктивних органів відбувається поступова

сенесценція. Дана закономірність добре відома та достатньо відображена у інших наукових дослідженнях [229].

Отримані нами дані свідчать про залежність площі листя льону олійного від фази розвитку культури та забезпеченості її елементами живлення.

Площа асиміляційного апарату стабільно зростала протягом вегетації культури, в середньому із 0,56 тис м<sup>2</sup>/га у фазу «ялинки» до 20,1 тис м<sup>2</sup>/га на початку бутонізації та досягаючи свого піку 24,8 тис м<sup>2</sup>/га у фазу цвітіння. Від цвітіння до фази зеленої стиглості площа листя поступово починає зменшуватися, 19,9 тис м<sup>2</sup>/га. Сенесценція рослин проявляється у відмиранні та опаданні листків нижнього ярусу (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

**Вплив біологічних препаратів на площу листкової поверхні посівів льону олійного, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Фази росту й розвитку			
	ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість
Обробка насіння водою	0,56	19,3	24,4	19,4
Екориз + Ендофіт	0,57	20,5	25,1	20,5
Аверком-н + Фітофіт	0,57	20,5	25,4	20,3
Міковітал	0,56	20,0	24,5	19,8
Екостерн Триходерма	0,56	20,1	24,7	20,0
Живорост	0,56	20,1	24,9	19,8
Натур Вітал плюс	0,56	20	24,9	19,9
НІР <sub>05</sub>	0,01	0,8	0,7	0,5

У фазу «ялинки», відповідно до застосованих для обробки насіння біологічних препаратів, площа листя варіювала у вузьких межах – 0,56 – 0,57 тис. м<sup>2</sup>/га. У процесі подальшого росту та розвитку культури, агротехнічні

заходи проявляли різноспрямований вплив на динаміку площі асиміляційного апарату. У фазу бутонізації різниця між площею листя досягала 3,6 – 6,2%, зростаючи до 2,1 – 5,7 % у фазу зеленої стиглості, що свідчить про прояв впливу досліджуваних препаратів в часі.

Якщо у фазу бутонізації вищий та статистично достовірний вплив на площу листя проявляли препарати Екориз + Ендوفіт; Аверком-н + Фітофіт, 20,5 тис. м<sup>2</sup>/га, то у наступні фази достовірні переваги були встановлені на цих варіантах на рівні 25,1 та 25,4 тис. м<sup>2</sup>/га. Решта препаратів, хоча і перевищували контроль у абсолютних значеннях показника, формували площу листя меншу межі достовірності за значеннями НІР<sub>05</sub>.

Доцільно відмітити, що у фазу зеленої стиглості спостерігалися достовірні переваги застосування біологічних препаратів Екориз + Ендوفіт; Аверком-н + Фітофіт, та Екостерн Триходерма які складали 0,6-1,1 тис. м<sup>2</sup>/га.

При аналізі фотосинтетичної діяльності посівів необхідно зважати, що для формування урожаю культури, важливі не тільки оптимальні розміри асиміляційного апарату рослин, а й тривалість його роботи, що включає також тривалість основних міжфазних періодів культури [230].

Оцінка фотосинтетичного потенціалу (ФП) посівів льону при застосуванні біологічних препаратів представлена в (табл. 4.17).

Значення ФП мали стійку динаміку до зростанням протягом всього періоду вегетації культури із досягненням максимальних значень у міжфазний період цвітіння – зелена стиглість, що зумовлено як збільшення площі листя так і тривалістю міжфазних періодів. Застосування усіх представлених біологічних препаратів мало позитивний вплив на показники ФП, така особливість проявлялася протягом всіх міжфазних періодів спостереження. Збільшення площі листя в перший період визначення було в межах – 8,3 – 11,0 % у другий період від 2,7 до 15,1 %, а у третій період – цвітіння-зелена стиглість становило 2,0-9,3%.

Таблиця 4.17

**Фотосинтетичний потенціал посівів льону олійного за різних елементів біологізації технології його вирощування, тис. м<sup>2</sup> добу/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варфанти досліду	Міжфазні періоди росту й розвитку			Всього
	ялінка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	
Обробка насіння водою	218	219	460	897
Екориз + Ендofіт	242	251	502	995
Аверком-н + Фітофіт	242	252	503	997
Міковітал	236	245	487	968
Екостерн Триходерма	238	246	469	953
Живорост	238	225	469	932
Натур Вітал плюс	236	225	470	931

Найбільші значення ФП, встановлено при використанні для обробки насіння біологічних препаратів Екориз + Ендofіт та Аверком-н + Фітофіт де перевищення контролю складало відповідно 9,1-14,6 % та 9,3-15,1% а загальні значення ФП становили 995 та 997 тис. м<sup>2</sup> добу/га. Найменший вплив на значення ФП мало застосування препаратів Живорост та Натур Вітал Плюс, де перевищення контролю впродовж періоду спостережень становило 2,0-9,2 та 2,2-8,3% а загальні значення ФП були вищими за контроль на 35 та 34 тис. м<sup>2</sup> добу/га.

Важливим показником роботи фотосинтетичного апарату рослини є його здатність утворювати біологічну масу. Інтегральним показником, що характеризує інтенсивність утворення сухої речовини рослинами із одиниці листової поверхні в часовому розрізі є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ). Показник відображає ефективність використання сонячної енергії в

процесі фотосинтезу та є важливим критерієм оцінки продукційного потенціалу рослин, та що важливо, впливу умов вирощування чи елементів технології на формування врожаю [231].

У наших дослідженнях ЧПФ льону олійного досягає найвищих показників у міжфазний період бутонізація – цвітіння.

Під впливом застосованих рістрегулюючих біологічних препаратів показники ЧПФ варіювали у достатньо вузькому проміжку значень, від 1,36-2,37 % за значеннями коефіцієнту варіації в продовж етапів спостережень. Отримані відмінності між окремими варіантами та в розрізі міжфазних періодів мають нестійкий характер впродовж фази «ялинка» та бутонізація, проте в подальшому усі варіанти демонстрували переваги порівняно із контролем. (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів льону олійного за різних елементів біологізації технології його вирощування, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Міжфазні періоди росту й розвитку			Всього
	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	
Обробка насіння водою	3,26	6,73	2,04	3,48
Екориз + Ендофіт	3,39	6,97	2,07	3,63
Аверком-н + Фітофіт	3,34	6,78	2,07	3,57
Міковітал	3,34	6,75	2,09	3,57
Екостерн Триходерма	3,32	6,70	2,19	3,64
Живорост	3,21	7,02	2,13	3,59
Натур Вітал плюс	3,22	7,04	2,08	3,57

Враховуючи загальну динаміку змін ЧПФ переваги мали варіанти де обробка насіння проводилася препаратами Екостерн Триходерма та Екориз + Ендофіт. Впродовж міжфазного періоду максимальних значень показника - бутонізація-цвітіння, вищі значення ЧПФ встановлено при обробці насіння препаратами Живорост та Натур Вітал плюс, де перевищення контролю складало 0,29 та 0,31 г/м<sup>2</sup> за добу. Впродовж фази цвітіння-зелена стиглість вищі значення показника отримані при інокуляції Екостерн Триходерма та Живорост, де показники ЧПФ були вищими на 0,15 та 0,09 г/м<sup>2</sup> за добу.

В цілому за період спостережень вищі значення ЧПФ встановленні у варіантах застосування саме біологічних препаратів Екориз + Ендофіт 3,63 г/м<sup>2</sup> за добу, Екостерн Триходерма та 3,64 г/м<sup>2</sup> за добу, що перевищувало контроль на 4,3 та 4,6%.

В цілому можна зазначити, що представлені біологічні препарати забезпечують позитивний вплив на показник чистої продуктивності фотосинтезу, який набував різних значень залежно від фази розвитку культури, перевищуючи в цілому контроль на 0,09-0,16 г/м<sup>2</sup> за добу.

Система азотного живлення, як елемент технології вирощування льону олійного, відіграє одну з ключових ролей у підвищенні продуктивності фотосинтезу культури, як шляхом збільшення асиміляційної поверхні так забезпеченням її ефективної роботи, що відображено в багатьох дослідженнях [232]. Використання азотного фону перш за все сприяє збільшенню площі листя льону олійного у вирішальні фази розвитку: бутонізації та цвітіння, при чому остання характеризується найбільшим індексом листової поверхні [231].

Різномірні мінеральні азотні фони та біологічні препарати істотно підвищували асиміляційну площу культури (табл. 4.19).

Переваги внесення азотних добрив щодо площі листя були відмічені ще у фазу «ялинка». Тут і у подальшому найбільшу площу листя було встановлено на варіантах внесення мінерального азоту нормами 30 та 45 кг/га.

Таблиця 4.19

**Вплив заходів азотного живлення на площу листкової поверхні посівів льону олійного, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Фази росту й розвитку			
	ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість
Обробка насіння водою	0,57	20,1	25,2	20,1
Азотофіт-р	0,58	20,4	25,6	21
Екориз	0,58	20,4	25,3	20,6
N <sub>15</sub>	0,58	20,5	25,8	21,2
N <sub>30</sub>	0,59	21,5	26,1	22,3
N <sub>45</sub>	0,59	22	26,6	23,2
НІР <sub>05</sub>	0,01	0,7	0,9	0,6

Їх статистично достовірні переваги, у переважній більшості випадків, були встановлені як щодо мініальної норми азоту N<sub>15</sub> так і біологічних препаратів та контролю. Проте у фазу зеленої стиглості проявилися достовірні відмінності в площі листя між фонами N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub>. Площа листя на фоні N<sub>45</sub> була більшою на 15,4 % відносно контролю та на 4,0% порівняно із фоном N<sub>30</sub>.

Застосування біологічних препаратів асоціативної азот-фіксації для обробки насіння впродовж усього періоду спостережень підвищувало площу листя порівняно із контролем в абсолютних значеннях, та у більшості випадків ці варіанти були на статистично близькі із мінеральним фоном N<sub>15</sub>.

В цілому біологічна група варіантів порівняно із контролем мала більшу площу листя у фазу бутонізації на 1,5 %; цвітіння на 1,2 – 1,6 %. та у фазу зеленої стиглості на 2,5 – 4,5 %. Важливо, що на варіантах мінерального живлення та застосування препаратів асоціативної азот-фіксації рослини

довше зберігали дієвий фотосинтетичний апарат та мали більшу площу листя, що є енергетичною основою їх вищої продуктивності.

Усі досліджувані елементи покращення азотного живлення виражено впливали на значення показників ФП (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

**Фотосинтетичний потенціал посівів льону олійного за елементів біологізації азотного живлення, тис. м<sup>2</sup> добу/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Міжфазні періоди росту й розвитку			Всього
	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	
Обробка насіння водою	227	227	476	930
Азотофіт-р	241	253	513	1007
Екориз	241	252	507	1001
N <sub>15</sub>	242	232	494	967
N <sub>30</sub>	265	262	532	1059
N <sub>45</sub>	271	267	548	1086

Під впливом фонів мінерального живлення та інокуляції насіння препаратами асоціативної азотфіксації впродовж періоду спостереження ФП варіював в межах 5,05-6,73 %. Найбільший вплив на зростання ФП олійного льону мали підвищені фони мінерального живлення N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub> де показник впродовж окремих міжфазних періодів зростав на 35-72 тис. м<sup>2</sup> добу/га, та в цілому за період спостережень перевищував контроль відповідно на 129 та 156 тис. м<sup>2</sup> добу/га.

На фоні біологічних препаратів асоціативної азотфіксації в динаміці були вищі темпи зростання відносно контролю та фону мінерального живлення N<sub>15</sub>. У період бутонізації-цвітіння перевищення контролю складало 11,0-11,5%, а цвітіння-зелена стиглість 3,8-6,5%. Відтак за період спостережень ФП на фоні застосування препарату Азотофіт-р та Екориз

перевищував фону мінерального живлення N<sub>15</sub> на 30 та 24 тис. м<sup>2</sup> добу/га, та відносно контролю на 77 та 71 тис. м<sup>2</sup> добу/га.

Азотне живлення рослин є одним із ключових факторів впливу значення чистої продуктивності фотосинтезу, оскільки безпосередньо впливає на інтенсивність асиміляційних процесів у рослинах.

Під впливом заходів покращення азотного живлення рослин льону олійного варіювання показників ЧПФ було на рівні від 1,88% у міжфазний період цвітіння зелена стиглість до 5,09 % у період бутонізація-цвітіння.

У середньому по досліді показники ЧПФ зростали від першого визначення, «ялинка» -бутонізація де значення складали 3,25 г/м<sup>2</sup> добу до найвищих значень в період бутонізація-цвітіння, 6,75 г/м<sup>2</sup> добу та зменшувалися в міжфазній період цвітіння-зелена стиглість до 2,03 г/м<sup>2</sup> добу. У період «ялинка»-бутонізація та бутонізація-цвітіння вищі значення ЧПФ, (3,37 та 7,37 г/м<sup>2</sup> добу), встановлені на фоні внесення мінерального азоту N 45. В цей період серед біологічних заходів переваги мало застосування препарату Азотофіт-р порівняно із Екориз на 0,09 та 0,14 г/м<sup>2</sup> добу (табл. 4.21).

В цілому за період спостережень більш ефективно формування сухої маси було зафіксовано на фоні внесення мінеральних добрив N<sub>45</sub>, (3,71 г/м<sup>2</sup> добу), що перевищувало контроль на 9,8 %. Деяко нижчими були значення меншого мінерального фону N<sub>30</sub>, де перевищення контролю, за величиною ЧПФ, складало 3,8 %. На фоні застосування інокуляції насіння Азотофіт-р показники ЧПФ складали 3,47 г/м<sup>2</sup> добу, що було вище контролю на 2,7%, фону N<sub>15</sub> на 2,9%, та варіанту застосування препарату Екориз на 1,17%.

Фосфорне живлення також має вагомий вплив на фотосинтетичну діяльність рослин. Усі представлені заходи покращення фосфорного режиму ґрунту збільшували, порівняно із контролем, площу листкового апарату льону олійного від фази бутонізації до зеленої стиглості.

Таблиця 4.21

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів льону олійного при запровадженні заходів оптимізації азотного живлення, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Міжфазні періоди росту й розвитку			Всього
	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	
Обробка насіння водою	3,18	6,45	2,02	3,38
Азотофіт-р	3,32	6,60	1,99	3,47
Екориз	3,23	6,46	2,01	3,43
N <sub>15</sub>	3,18	6,78	2,05	3,46
N <sub>30</sub>	3,20	6,84	2,03	3,51
N <sub>45</sub>	3,37	7,37	2,10	3,71

Залежно від їх впливу варіація площі листя складала від 1,83% у фазу «ялинка» до 2,05% у фазу зеленої стиглості. Впродовж періоду спостережень достовірно вищою була листова площа на фоні заходів покращення режиму фосфорного живлення. Уже за першого визначення були відмічені достовірні перевищення площі листя на варіантах внесення добрив P<sub>30</sub> (табл. 4.22).

Внесення мінеральних добрив позитивно позначалася на площі листя, збільшення відносно контролю складало 0,8-1,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Достовірного перевищення на варіантах із комбінованим застосуванням мінеральних добрив та препарату Біофосфорин не було встановлено. Застосування препарату Біофосфорин позитивно впливало на площу листової поверхні, збільшення над контролем складало 0,8-1,3 тис. м<sup>2</sup>/га що відповідає 4,1-5,4%. За ступенем впливу на площу листя цей варіант був співставним із варіантом внесення мінеральних добрив P<sub>15</sub>. Максимальних значень площа листя льону олійного, 25,7 тис. м<sup>2</sup>/га досягала у фазу цвітіння на фоні P<sub>15</sub> + Біофосфорин.

Таблиця 4.22

**Вплив заходів оптимізації фосфорного живлення на площу поверхні листя посівів льону олійного, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Фази росту й розвитку			
	ялінка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість
Обробка насіння водою	0,56	19,2	23,9	19,5
P <sub>15</sub>	0,56	20,2	25,2	20,5
P <sub>30</sub>	0,58	20,3	25,4	20,6
Біофосфорин	0,56	20,1	25,2	20,3
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	0,56	20,2	25,7	20,6
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	0,58	20	25,3	20,4
НІР 05	0,01	0,7	0,6	0,4

Фотосинтетичний потенціал посівів льону олійного під впливом заходів покращення фосфорного живлення коливався в межах 3,69- 4,67%. Заходи які підвищували режим живлення рослин виражено сприяли збільшенню ФП порівняно із контролем на 4,8-15,3% (табл. 4.23).

Від початку бутонізації найбільших значень ФП досягав на варіантах P<sub>30</sub> + Біофосфорин (249-503 тис. м<sup>2</sup> добу/га) та P<sub>30</sub> – (229-506 тис. м<sup>2</sup> добу/га). При обробці насіння препаратом Біофосфорин значення ФП, із певними коливанням в окремі періоди визначення, були на рівні фону внесення P<sub>15</sub>, в цілому за період спостережень різниця складала 7 тис. м<sup>2</sup> добу/га.

Узагальнено за весь період спостережень, при значенні на контролі 889 тис. м<sup>2</sup> добу/га, на фоні сумісного застосування P<sub>30</sub> + Біофосфорин та P<sub>30</sub> ФП збільшився на 7,3 та 11,2 %. На фоні застосування виключно обробки насіння препаратом Біофосфорин перевищення відносно контролю складало 6,0 %, а мінерального фону P<sub>15</sub> 0,7 %.

Таблиця 4.23

**Фотосинтетичний потенціал посівів льону олійного за елементів біологізації фосфорного живлення, тис. м<sup>2</sup> добу/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Міжфазні періоди росту й розвитку			Всього
	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	
Обробка насіння водою	217	216	456	889
P <sub>15</sub>	228	227	480	935
P <sub>30</sub>	240	229	506	975
Біофосфорин	238	227	478	942
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	239	230	486	954
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	237	249	503	989

Застосування препарату Біофосфорин для обробки насіння, у тому числі на фоні застосування мінеральних добрив, впродовж окремих міжфазних періодів мало нестало достовірність, тоді як за весь період спостереження забезпечувало збільшення ФП на 1,4-2,0%.

Забезпечення рослин льону олійного фосфором шляхом посилення біологічної активності ґрунту та внесенням добрив відображалось на показниках ЧПФ (табл. 4.24).

Значення ЧПФ під впливом досліджуваних факторів змінювалося у достатньо вузьких межах, від 1,4 % у період «ялинка»-бутонізація до 3,0 % при бутонізації - цвітінні рослин.

Вагомі переваги покращення фосфорного режиму проявилися в період бутонізація – цвітіння. На фоні внесення P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> ЧПФ зросла відносно контролю на 2,1-7,9% а варіанту інокуляції насіння Біофосфорином на 3,7%. В цілому за період спостережень ЧПФ на варіанті обробки насіння була

вищою на 0,05 г/м<sup>2</sup> за добу, на мінеральному фоні на 0,03 г/м<sup>2</sup> за добу, а за умови комбінованого застосування на 0,2-0,1 г/м<sup>2</sup> за добу.

Таблиця 4.24

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів льону олійного залежно від заходів оптимізації фосфорного живлення, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Міжфазні періоди росту й розвитку			Всього
	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	
Обробка насіння водою	3,28	6,73	2,08	3,50
P <sub>15</sub>	3,30	6,87	2,06	3,53
P <sub>30</sub>	3,26	7,26	1,98	3,53
Біофосфорин	3,21	6,98	2,09	3,55
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	3,28	7,15	2,08	3,60
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	3,35	6,78	1,99	3,52

#### Висновки до розділу 4

За результатами дослідження встановлено, що обробка насіння льону олійного біологічними ріст-стимулюючими препаратми та бактеріальними добривами подовжують вегетаційний період культури на 1–3 доби, переважно за рахунок фаз генеративного періоду розвитку.

Передпосівна обробка посівного матеріалу льону олійного біологічними ріст-стимулюючими препаратми та бактеріальними добривами не проявляє істотного впливу на польову схожість та виживання рослин.

Біологічні препарати при застосуванні для обробки насіння достовірно збільшують висоту та швидкість лінійного росту рослин льону. Найбільший

вплив має застосування препаратів Екориз + Ендофіт; Азотофіт-р; та Біофосфорин що збільшують висоту рослин відповідно на 4,2; 3,3 1,4 см.

Біологічні препарати із ріст-стимулюючим ефектом позитивно впливають на накопичення сухої маси, формування площі листя, фоточинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу. Обробка насіння препаратами Екориз + Ендофіт збільшує площу листя на 5,67%, ФП посівів на 10,5%, ЧПФ на 4,6%, що забезпечує формуванню у фазу повної стиглості сухої наземної маси 3,81 т/га.

Препарти асоціативної азотфіксації Азотофіт-р та Екориз при обробці насіння збільшують фотосинтетичний потенціал на 8,28 та 7,63 %, чисту продуктивність фотосинтезу на 2,66 та 1,48 %, що дозволяє по завершенні вегетації сформувати суху наземну масу 3,7 та 3,64 т/га. Біологічна продуктивність таких посівів близька до фону мінерального живлення  $N_{15}$ .

Інокуляція насіння культури перпаратом Біофосфорин проявляє біологічну ативність на рівні фону мінерального живлення  $P_{15}$ , та дозволяє сформувати у фазі повної стиглості 3,54 т/га сухої наземної маси. Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу порівняно із контролем збільшується на 5,96 та 1,43 %.

Інокуляція насіння львону олійного бактеріальними добривами Азотофіт-р, Екориз та Біофосфорин сприяють збільшенню вмісту в органах рослин елементів живлення, що є свідченням покращення мінерального живлення.

## РОЗДІЛ 5

### УРОЖАЙНІСТЬ, СТРУКТУРА ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРТІВ

#### 5.1 Структура урожаю та елементи індивідуальної продуктивності рослин

Льону олійному притаманна багаторівнева структура формування врожайності насіння, динаміка якої значною мірою визначається рівнем забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, водою, поряд із погодно-кліматичними умовами вирощування, елементами технології тощо. Оптимізація системи живлення сприяє підвищенню інтенсивності ростових процесів, кращому формуванню генеративних органів і більш повній реалізації потенціалу насінневої продуктивності сорту. Висока екологічна пластичність льону олійного дає змогу адаптувати продукційні процеси до фактично наявних ресурсів ґрунтового середовища, однак за дефіциту або дисбалансу основних елементів живлення, особливо азоту, фосфору та калію, у поєднанні зі стресовими чинниками температурного режиму й вологозабезпечення, відбувається істотне обмеження процесу реалізації генетичного потенціалу. Це проявляється у значній варіабельності кількості рослин на одиниці площі, продуктивних пагонів різних порядків та відповідно числа сформованих коробочок, кількості насіння в плодах (коробочках) та маси тисячі насінин культури [233].

Зміни умов ґрунтового середовища шляхом обробки насіння біологічними препаратами, призвели до формування рослин різної індивідуальної продуктивності. Всі досліджувані біологічні препарати впливали на формування індивідуальної продуктивності рослин у вигляді збільшення чисельності коробочок на одній рослині та інших структурних показниках (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Елементи індивідуальної продуктивності льону олійного в залежності від використання біо-препаратів, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин з рослини, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,31	5,07	31,97	5,87	0,19
Екориз + Ендofіт	6,54	5,53	36,14	6,00	0,22
Аверком-н + Фітофіт	6,54	5,53	36,16	5,93	0,21
Міковітал	6,63	5,54	36,71	5,73	0,21
Екостерн Триходерма	6,54	5,46	35,70	5,98	0,21
Живорост	6,59	5,39	35,54	5,85	0,21
Натур Вітал плюс	6,62	5,43	35,95	5,81	0,21
НІР <sub>05</sub>	0,22	0,19	0,92	0,24	0,01

Серед первинних показників індивідуальної продуктивності рослини найбільш мінливим показником є кількість коробочок, які формувала одна рослина. Під впливом досліджуваних факторів коефіцієнт варіації даного показника досягав 8,67%, що перевищує значення щодо кількості насіння в коробочці та маси їх 1000 шт., де показник складав відповідно 4,89 та 4,59%.

Найбільше впливали на формування кількості коробочок з рослини, біо-препарати: Міковітал, збільшуючи кількість плодів на 9,3% і Аверком + Фітофіт та Екориз + Ендofіт які збільшували показник на 9,1% порівняно із контролем. Меншим впливом, проте статистично підтвердженим за значеннями, характеризувалась дія біо-препаратів Екостерн Триходерма із збільшенням на 7,7%; Натур Вітал плюс на 7,1% та Живорост, що збільшував

кількість коробочок на 6,3%, що є достовірними показниками за величиною  $НІР_{05}$ .

Всі досліджувані біологічні препарати статистично достовірно підвищували кількість насіння сформованого в одній коробочці. Зокрема, у середньому за роки досліджень застосування препаратів Міковітал та Натур Вітал Плюс для передпосівної обробки насіння забезпечило збільшення цього показника на 5,0 в.п., Живорост на 4,4 в.п. Найменш вираженою була реакція рослин на препарати Екостерн Триходерма, Аверком-н + Фітофіт, та Екориз + Ендوفіт, що збільшували показник на 3,6 в.п, але і на цих варіантах перевищення контролю складало 0,23 одиниці, що перевищує значення  $НІР_{05}$ .

Враховуючи сукупність впливу таких елементів, як кількість коробочок та насіння в коробочках, рослини льону олійного, під впливом дії біологічних препаратів, сформували більшу та статистично підтверджену, кількість насіння з однієї рослини. На варіантах застосування препарату Міковітал рослини збільшували цей показник на 14,8 %; Екориз + Ендوفіт та Аверком-н + Фітофіт на рівні 13,1 %; Натур Вітал плюс на 12,4 %; Екостерн Триходерма на 11,7 % та Живорост на 11,1 %.

Стосовно маси тисячі насінин сформованої рослинами, то досліджувані біологічні об'єкти технології не мали статистично достовірного впливу на цей показник. Перевищення спостерігалось лише в абсолютних значеннях показників, що було відмічено у варіанта із застосуванням Екостерн Триходерма, Аверком-н + Фітофіт, та Екориз + Ендوفіт, проте меншим за величину  $НІР_{05}$ . Отриманий показник маси тисячі насінин, на нашу думку, пояснюється надзвичайно посушливими умовами у фазу наливу та дозрівання насіння, які спостерігались в усі роки проведення досліджень.

Водночас встановлено, що вирішальний вплив на формування маси насіння з однієї рослини має саме кількість насінин. Завдяки збільшенню цього показника, застосування біологічних препаратів забезпечувало

достовірне зростання маси насіння з рослини, яка у варіантах досліджу становила 0,21–0,22 г.

У досліджах з оптимізації азотного живлення всі досліджувані об'єкти та варіанти мали позитивний вплив на процеси росту та розвитку культурних рослин, що мало відображення на формуванні елементів структури урожаю льону кудряшу (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Структура урожаю льону олійного в залежності від заходів оптимізації азотного живлення, (середня за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,30	5,03	31,65	6,02	0,19
Азотофіт-р	6,65	5,46	36,27	6,09	0,22
Екориз	6,58	5,46	35,92	6,04	0,22
N <sub>15</sub>	6,42	5,40	34,67	5,99	0,21
N <sub>30</sub>	6,64	5,61	37,25	6,21	0,23
N <sub>45</sub>	6,68	5,91	39,52	6,35	0,25
НІР <sub>05</sub>	0,21	0,16	1,10	0,19	0,01

Серед показників індивідуальної продуктивності найбільш варіабельним була кількість коробочок з однієї рослини, 16,1%. Препарати Азотофіт-р та Екориз за передпосівної обробки насіння стабільно в роки досліджень впливали на формування коробочок, забезпечивши збільшення їх кількості у середньому на 0,43 шт./особину, що відповідає 8,5 % відносно контролю. Найвищі значення цього показника встановлено у варіантах із мінеральним удобренням. Зокрема, внесення N<sub>45</sub> сприяло зростанню

кількості коробочок на 0,88 шт./особину, що складає 17,5 %, в той час як при нормі N<sub>30</sub> — на 0,58 шт./особину, та відповідно на 11,5 %. У групі варіантів мінерального живлення найменші, проте статистично достовірні прирости відмічено на фоні N<sub>15</sub>, при якому кількість коробочок зростала на 0,37 шт., що перевищувало величину НІР<sub>05</sub>.

Досліджувані варіанти використання біологічних препаратів, мали достовірний вплив на збільшення кількості насінин сформованих в одній коробочці. Інокуляція посівного матеріалу біо-препаратом Азотофіт-р, з метою покращення азотного живлення, забезпечила зростання кількості насінин на 5,6 в.п.; обробка препаратом Екориз відповідно на 4,4 в.п. На варіантах із внесенням мінерального азоту, достовірне збільшення кількості насінин в одній коробочці було відмічено на фоні N<sub>45</sub> — 6 в.п. та при нормі азотних добрив N<sub>30</sub> на 5,4 в.п. Варіант із внесенням азоту нормою N<sub>15</sub> збільшив даний показник лише в абсолютних значеннях — на 1,91 в.п., але таке збільшення не було статистично достовірним.

Під впливом біологічних препаратів, рослини олійного льону сформували статистично достовірну, вищу кількість насіння з однієї рослини. Інокуляція насіння біо-препаратом Азотофіт-р підвищувала кількість насіння з рослини на 14,6%, тоді як препаратом Екориз на 13,5%. На варіантах із використанням мінеральних азотних добрив, достовірне зростання кількості насіння з однієї рослини було встановлено за внесення N<sub>45</sub> на 24,9 в.п.; при внесенні азоту нормою N<sub>30</sub> на 17,7 в.п. та у варіанті застосування азотних добрив N<sub>15</sub> на 9,5 в.п.

Статистично підтвердженого впливу вивчаємих біо-препаратів на масу тисячі насіння, як і у попередньому досліді, не встановлено. Хоча спостерігалось збільшення показника в абсолютних значеннях по кожному із варіантів, проте воно було меншим за значення НІР<sub>05</sub>. Відмічений результат є прямим наслідком погіршення умов вологозабезпечення у період наливу та дозрівання насіння, що призводило до зниження інтенсивності ростових процесів та, відповідно, обмежувало реалізацію потенційного ефекту

покращення азотного живлення. Зазначене обмеження було відмічено за всі роки проведення досліджень.

Внесення мінеральних азотних добрив нормами  $N_{45}$  та  $N_{30}$  забезпечило збільшення маси тисячі насінин відповідно на 0,33 та 0,19 г. За таких норм внесення азоту, рослини сформували більшу надземну масу, що вплинуло на відтік пластичних речовин під час наливу насіння. За норми внесення азоту  $N_{15}$  спостерігалось зменшення маси 1000 насінин до 5,99 г., що водночас було найменшим показником у досліді. Стосовно маси насіння з однієї рослини, то біопрепарати Азотофіт-р та Екориз достовірно збільшували значення показника на 15,8%. Фони мінерального азоту від  $N_{45}$ , до  $N_{15}$  забезпечували істотне збільшення відповідно на 31,6; 21,0 та 10,5%.

Досліджувані елементи системи покращення азотного живлення мали позитивний вплив на елементи індивідуальної продуктивності рослин, що було підтверджено відповідними розрахунками коефіцієнту кореляції. Виявлено наявність тісних прямих кореляційних зв'язків між кількістю насіння в коробочках та кількістю сформованих коробочок, де  $r=0,863$ .

Крім того коефіцієнт кореляції між кількістю сформованих коробочок та масою тисячі насінин становив  $r=0,850$ . Поліпшення режиму азотного живлення льону олійного мало одновекторний вплив на процеси утворення кількості насіння в одній коробочці та його маси 1000, коли розрахунковий коефіцієнт кореляції був із зазначеним показником у  $r=0,711$ .

Досліджувані способи поліпшення режиму фосфорного живлення, шляхом внесення мінеральних добрив та передпосівної обробки насіння фосфат-мобілізуєчим біо-препаратом мали позитивний вплив на формування елементів індивідуальної продуктивності рослин (табл. 5. 3).

Внесення мінерального фосфору збільшувало кількість коробочок на одній рослині. За норми фосфору  $P_{30}$  їх сформовано на 0,35 штук більше ніж на контрольному варіанті, що відповідає 6,9% перевищення та є статистично достовірним значенням.

Таблиця 5.3

**Структура урожаю льону олійного в залежності від заходів оптимізації фосфорного живлення, (середня за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,35	5,07	32,22	5,98	0,19
P <sub>15</sub>	6,53	5,11	33,35	6,05	0,20
P <sub>30</sub>	6,65	5,42	36,06	6,14	0,22
Біофосфорин	6,54	5,20	33,99	6,08	0,21
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	6,79	5,27	35,78	6,22	0,22
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	6,85	5,42	37,15	6,25	0,23
НІР <sub>05</sub>	0,13	0,09	1,00	0,16	0,01

Однак за внесення мінеральних добрив нормою P<sub>15</sub> спостерігалось перевищення не істотного рівня. Використання для обробки насіння фосфат-мобілізатора Біофосфорин здійснювало достовірний позитивний вплив на збільшення кількості сформованих коробочок на 0,13 шт./рослину, що відповідає 2,6% перевищення показника контролю. Поєднання використання мінеральних добрив і біологічного препарату проявило синергічну дію, та забезпечило достовірно вищі показники порівняно із контролем. При застосуванні P<sub>15</sub> + Біофосфорин збільшувалась кількість коробочок на 0,2 шт., та при збільшенні норми фосфору – P<sub>30</sub> + Біофосфорин відповідно на 0,35 шт., що відповідає від 3,9 до 6,9% зростання.

Також встановлено достовірний вплив досліджуваних елементів технології на збільшення кількості насіння в одній коробочці. При внесенні мінеральних фосфорних добрив нормами P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub>, кількість насіння в

коробочці збільшувалась на 0,18 та 0,3 шт., що відповідає 2,8 та 4,7 в.п. перевищення контролю із показником 6,35 шт./коробочку. Обробка насіння льону олійного біо-препаратом Біофосфорин забезпечила наближений до внесення фосфору нормою  $P_{15}$  результат, збільшивши кількість насіння на 3,0 в.п. Найефективнішим було комбіноване використання  $P_{15}$  + Біофосфорин і  $P_{30}$  + Біофосфорин, що забезпечило перевищення контролю на 0,44 та 0,5 шт./коробочку. Таке зростання показників відповідає 6,9 та 7,9 в.п.

У результаті, кожна особина формувала більшу кількість насінин. Відносно контролю при внесенні мінерального фосфору нормами  $P_{15}$  та  $P_{30}$  їх кількість достовірно зростала на 3,5 та 11,9%. Інокуляція насіння Біофосфорином забезпечувала збільшення кількості насіння на 5,5%. Комбіноване використання  $P_{15}$  + Біофосфорин та  $P_{30}$  + Біофосфорин, забезпечувало перевищення контролю відповідно на 11,1 та 15,3%.

Найбільш стабільним показником є маса 1000 насінин. На усіх досліджуваних варіантах зафіксовано перевищення контролю, проте статистично достовірним було зростання лише при комбінованому використанні мінерального фосфорного фону та обробки насіння біопрепаратом. За комбінацій  $P_{15}$  + Біофосфорин і  $P_{30}$  + Біофосфорин формувалась маса тисячі насіння на 0,24 та 0,27 г більше за контроль, що відповідає зростанню на 4,0 та 4,5%.

Внесення мінерального фосфору збільшувало масу насіння сформованих однією рослиною. На фоні  $P_{30}$  показник збільшився на 15,8% та є достовірною відміною від контролю. Однак при нормі внесення фосфорних добрив  $P_{15}$  визначено виключно перевищення показника в абсолютному значенні, що було меншим за величину НІР<sub>05</sub>.

Інокуляція насіння фосфатмобілізуючим препаратом Біофосфорин забезпечила достовірне збільшення маси насіння з однієї рослини на 10,5%. Сумісне використання добрив і біопрепарату забезпечило синергічний ефект, із достовірним перевищенням рівня контролю. За поєднання  $P_{15}$  +

Біофосфорин маса насіння була вищою на 15,8% а у варіанті P<sub>30</sub> + Біофосфорин на 21,1%.

## 5.2 Урожайність насіння льону олійного

Урожайність це результируючий показник, що визначає доцільність всіх досліджуваних факторів, і є головним агрономічним критерієм оцінки елементів технології чи її в цілому. Генетично сформована у рослинах льону олійного потенційна врожайність достатньо висока. Обмеженням її реалізації виступають саме умови середовища де ключову роль відіграють запаси вологи та поживи.

В середньому за роки дослідження отримано достовірну прибавку урожайності насіння льону олійного, від інокуляції посівного матеріалу біологічними препаратами, що знаходилась на рівнях від 6,5 до 14,7% (табл. 5.4).

Найбільш ефективним виявилось використання комбінацій препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт, що підвищувало урожайність відповідно в 1,30 ц/га та 1,16 ц/га. Меншим, проте статистично достовірним, спостерігався вплив інших досліджуваних елементів технології: використання Екостерн Триходерма підвищувало урожай на 0,92 ц/га, Міковіталу на 0,91 ц/га, біо-гумату Живорост на 0,59 ц/га та гумату Натур Вітал плюс на 0,57 ц/га.

Проведений кореляційний аналіз підтверджує залежність величини урожаю від кількості коробочок, що сформували рослини  $r = 0,92$  і від кількості утвореного в коробочці насіння  $r = 0,58$ . В той же час формування маси тисячі насінин корелювало на середньому рівні із урожаем  $r = 0,41$ . Кореляційний зв'язок між кількістю коробочок та масою 1000 насінин був низьким  $r = 0,09$ , а між кількістю насіння в коробочці і масою тисячі мав від'ємне значення  $r = - 0,29$ .

Таблиця 5.4

**Урожайність насіння льону олійного залежно від інокуляції посівного матеріалу біо-препаратами, ц/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіант	Урожайність		
	середня, ц/га	прибавка, ц/га	прибавка, %
Обробка насіння водою	8,85	-	-
Екориз + Ендофіт	10,2	1,30	14,7
Аверком-н + Фітофіт	10,0	1,16	13,1
Міковітал	9,76	0,91	10,3
Екостерн Триходерма	9,77	0,92	10,4
Живорост	9,44	0,59	6,6
Натур Вітал плюс	9,42	0,57	6,5
НІР <sub>05</sub> , ц/га	0,29	-	-

В середньому за роки польових досліджень з 2023 по 2025 р., встановлено, що елементи біологізації азотного живлення та мінеральні азотні добрива мають стабільний позитивний вплив на збільшення урожайності культури льону олійного (табл. 5.5).

При чому, чим більша норма мінерального азоту тим більше зростають показники урожайності культури. Урожайність контрольних ділянок де посівний матеріал обробляли водою, в середньому по досліді, за роки, мала показник на рівні 8,92 ц/га. Впровадження в технологію азотфіксуючих біо-препаратів Азотофіт-р і Екориз забезпечило достовірне збільшення урожаю культури на 10,5 та 8,9 в.п. у порівнянні із контрольним варіантом, що засвідчує позитивний вплив біологічних елементів на покращення азотного живлення льону олійного та його загальну продуктивність.

Застосування мінеральних азотних добрив нормами N<sub>15</sub>, N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub> достовірно стабільно забезпечувало збільшення урожайності олійного льону на 0,58; 1,54 та 2,44 ц/га.

Таблиця 5.5

**Урожайність насіння льону олійного в залежності від інокуляції посівного матеріалу біо-препаратами та внесення азотних добрив, ц/га (середня за 2023–2025 рр.)**

Варіант	Урожайність		
	середня, ц/га	прибавка, ц/га	прибавка, %
Обробка насіння водою	8,92	-	-
Азотофіт-р	9,86	0,94	10,5
Екориз	9,71	0,79	8,9
N <sub>15</sub>	9,50	0,58	6,5
N <sub>30</sub>	10,46	1,54	17,3
N <sub>45</sub>	11,36	2,44	27,3
НІР <sub>05</sub> , ц/га	0,23	-	-

Найвагоміший результат в 11,36 ц/га, що відповідає приросту у 27,3 в.п., було отримано при внесенні максимальної норми азоту. Отриманий результат урожайності свідчить про важливість азотного живлення та його ефективність у формуванні високих показників продуктивності культури льону олійного. За приблизними підрахунками інокуляція посівного матеріалу льону олійного азотфіксуєчими препаратами Азотофіт-р і Екориз відповідає внесенню норм мінеральних азотних добрив на рівнях – N<sub>20,6</sub> і N<sub>18,2</sub>.

В середньому за роки польових досліджень, від використання елементів технології покликаних покращити фосфорне живлення льону олійного, також отримано статистично достовірне збільшення урожайності відносно контрольних ділянок. Збільшення норм внесених фосфорних добрив і використання біологічного фосфат-мобілізуєчого препарату, окремо або у їх комбінаціях забезпечувало стабільне зростання показників урожайності (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Показники урожайності насіння льону олійного в залежності від елементів технології фосфорного живлення культури, ц/га (середня за 2023–2025 рр.)**

Варіант	Урожайність		
	середня за роки дослідження, ц/га	прибавка, ц/га	прибавка, %
Обробка насіння водою	8,86	-	-
P <sub>15</sub>	9,37	0,51	5,8
P <sub>30</sub>	9,70	0,84	9,5
Біофосфорин	9,45	0,59	6,7
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	9,68	0,82	9,2
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	9,79	0,93	10,5
НІР <sub>05</sub> , ц/га	0,25	-	-

Збільшення урожайності відбувалось відповідно до збільшення внесеної норми мінерального фосфору. Так, варіант P<sub>15</sub> підвищував показник на 5,8 в.п., тоді як при внесенні більшої норми P<sub>30</sub>, зростання відносно контролю становило 9,5 в.п.

Застосування для передпосівної обробки насіння фосфатмобілізуючого біо-препарату Біофосфорин забезпечило збільшення урожайності на 6,7 в.п. відносно контролю. За приблизними підрахунками обробка посівного матеріалу льону олійного Біофосфорином відповідає, за показниками врожайності, внесенню фосфорних добрив нормою P<sub>18,6</sub>. Однак найвищу урожайність отримали за комбінованого застосування мінеральних фосфорних добрив із фосфат-мобілізуючим біо-препаратом. На варіанті P<sub>15</sub> + Біофосфорин збільшення показника становило 9,2 в.п. та за варіанту P<sub>30</sub> + Біофосфорин підвищення урожаю склало 10,5 в.п. відносно контролю.

Підвищення норми внесення фосфорних добрив у поєднанні із використанням біопрепарату забезпечили стабільне зростання урожайності, при цьому найвищий ефект отримано за поєднання  $P_{30}$  та інокуляції насіння Біофосфорином — 9,79 ц/га.

Біологічні препарати та мінеральні добрива справляють регуляторний вплив на ґрунтове середовище, модифікуючи умови росту й розвитку рослин льону олійного. У межах системи «рослина – ґрунт – урожай» поліпшення ґрунтових умов супроводжується підвищенням урожайності культури, що, своєю чергою, може відображати вектор змін ґрунтового середовища під впливом досліджуваних чинників.

Варіабельність урожайності за роками досліджень характеризує ступінь відповідності зазначених змін конкретним погодним умовам вегетаційного періоду. Аналіз показників варіативності урожайності льону олійного свідчить про суттєву диференціацію реакції агроєкосистеми на застосування біологічних препаратів та мінеральних добрив. Контрольний варіант (обробка насіння водою) характеризувався середнім рівнем мінливості, що відображає значну залежність продукційного процесу від природної неоднорідності ґрунтового середовища та погодних умов вегетаційного періоду. Аналіз варіаційних показників урожайності льону олійного засвідчив, що розмах варіації за умов застосування біологічних препаратів був вищим порівняно з контрольним варіантом і фоном мінерального живлення (табл. 5.7).

Водночас встановлено, що внесення азотних добрив сприяло підвищенню стабільності продукційного процесу порівняно з неудобреним фоном, тоді як за застосування фосфорних добрив рівень варіабельності урожайності залишався дещо вищим.

Варіанти з мінеральним азотним живленням ( $N_{15}-N_{45}$ ) характеризувалися найнижчими значеннями дисперсії, стандартного відхилення та коефіцієнта варіації, що вказує на вирівнювання умов

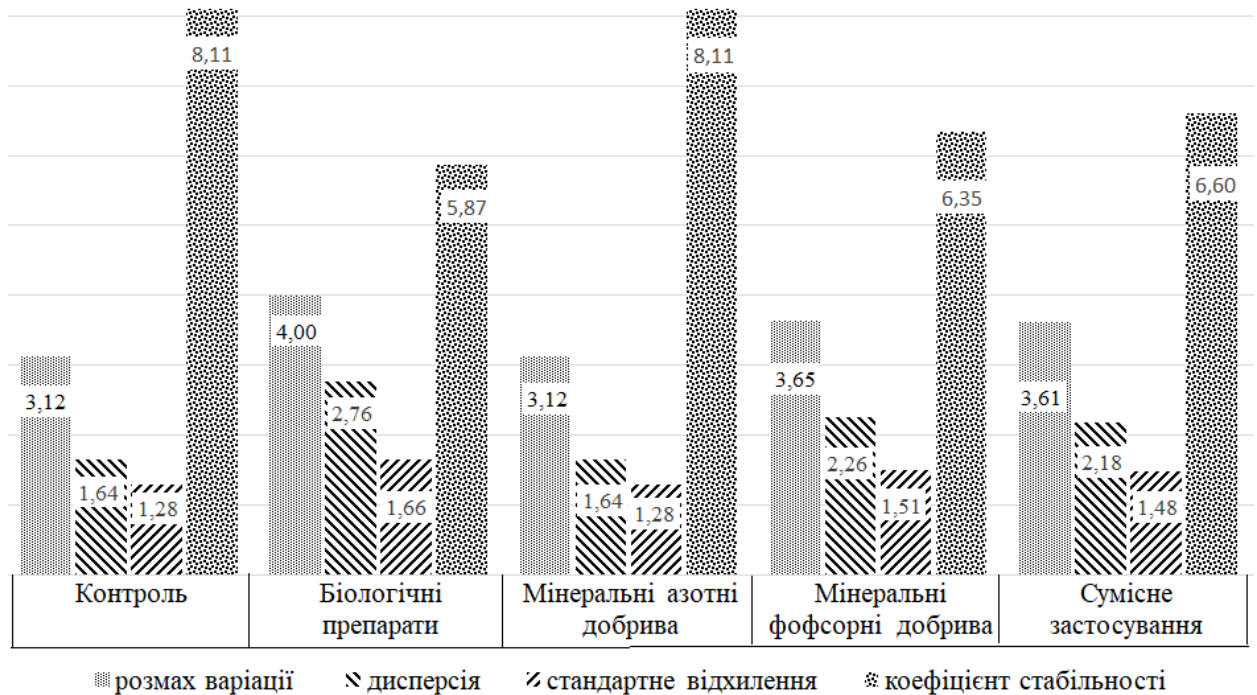
мінерального живлення рослин і підвищення стабільності формування урожайності.

Таблиця 5.7

**Варіативність урожайності льону олійного в роки досліджень залежно від заходів біологізації технології вирощування, (середня за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Показники варіативності			
	розмах варіації, ц/га	S <sup>2</sup> дисперсія	S стандартне відхилення	I коефіцієнт стабільності
Обробка насіння водою	3,51	2,01	1,42	6,25
Екориз + Ендофіт	4,13	2,99	1,73	5,88
Аверком-н + Фітофіт	3,84	2,71	1,65	6,10
Міковітал	4,37	3,28	1,81	5,41
Екостерн Триходерма	3,95	2,80	1,67	5,85
Живорост	4,04	2,72	1,65	5,71
Натур Вітал плюс	4,01	2,70	1,64	5,75
Азотофіт-р	3,93	2,64	1,62	6,06
Екориз	3,86	2,51	1,58	6,13
N <sub>15</sub>	3,22	1,73	1,32	7,25
N <sub>30</sub>	3,05	1,56	1,25	8,40
N <sub>45</sub>	3,1	1,64	1,28	8,85
P <sub>15</sub>	3,6	2,24	1,50	6,25
P <sub>30</sub>	3,69	2,27	1,51	6,45
Біофосфорин	3,87	2,50	1,58	5,99
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	3,6	2,16	1,47	6,58
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	3,62	2,19	1,48	15,1

Зі збільшенням дози азоту простежувалася тенденція до зниження коефіцієнта варіації, що свідчить про зменшення впливу некерованих чинників середовища на продукційний процес (Рис. 5.1).



**Рис. 5.1. Вплив заходів оптимізації живлення посівів льону олійного на варіативність урожайності культури.**

Зі збільшенням дози азоту простежувалася тенденція до зниження коефіцієнта варіації, що свідчить про зменшення впливу некерованих чинників середовища на продукційний процес.

Фосфорне удобрення та застосування фосфатмобілізувальних біопрепаратів забезпечували проміжний рівень варіабельності урожайності. Поєднання мінеральних форм фосфору з біологічними препаратами сприяло певному зменшенню показників мінливості порівняно з окремим застосуванням біопрепаратів, що може свідчити про часткове вирівнювання фосфорного режиму ґрунту.

Виявлені особливості, імовірно, зумовлені відмінностями у трансформації та мобільності елементів мінерального живлення в ґрунті. Зокрема, більш висока рухомість мінеральних форм азоту забезпечує

рівномірніше їх надходження до рослин упродовж вегетаційного періоду, що сприяє вирівнюванню умов живлення та зниженню амплітуди коливань урожайності. Натомість фосфор характеризується обмеженою рухомістю та значною залежністю його доступності від ґрунтових умов, що може посилювати просторово-часову неоднорідність забезпечення рослин цим елементом.

Для контрольного, неудобреного варіанта характерна підвищена чутливість урожайності до некерованих чинників середовища, зокрема мікрорельєфу, неоднорідності розподілу органічної речовини та загальної дискретності ґрунтового покриву, що обумовлює нестабільність формування врожаю.

Оскільки дія біологічних препаратів реалізується через активність інтродукованих мікроорганізмів та їх взаємодію з аборигенною мікробіотою в умовах ґрунтової неоднорідності, формування ґрунтового біоному супроводжується змінами інтенсивності та спрямованості мікробіологічних і біохімічних процесів. На початкових етапах біологізації технології це може проявлятися підвищенням варіабельності показників родючості та урожайності. Водночас подальша стабілізація біологічної активності ґрунту створює передумови для зменшення варіативності продукційних показників і формування більш стійкої агроєкосистеми.

Загалом отримані результати підтверджують, що біологічні препарати, активізуючи мікробіологічні процеси в неоднорідному ґрунтовому середовищі, можуть підвищувати варіабельність урожайності на початкових етапах їх застосування. Натомість мінеральне удобрення, особливо азотне, виступає фактором стабілізації агроєкосистеми, зменшуючи вплив просторово-часової мінливості ґрунтових умов на формування врожаю.

Застосування біологічних препаратів ґрунтової дії, забезпечуючи підвищення урожайності льону олійного, водночас посилює прояви просторово-часової дискретності ґрунтового середовища. Це зумовлено вибірковою активізацією мікробіологічних та біохімічних процесів у

ризосфері, інтенсивність яких залежить від локальних ґрунтових умов, забезпеченості органічною речовиною та гідротермічного режиму. Зазначене свідчить про системні зрушення у функціонуванні ґрунтової біологічної складової, що проявляються у зміні характеру взаємодії між ґрунтом і рослиною та формуванні неоднорідної реакції агроценозу на біологізацію технології вирощування.

### **5.3 Якісні показники насіння льону олійного в залежності від елементів технології**

В сучасних умовах якість продукції є важливим показником, що відображає господарську цінність сировини та ефективність технології вирощування культури. Численні дослідження свідчать, що покращення умов росту та розвитку рослин позитивно впливає на показники якості та продуктивності культури в цілому [157].

Застосування біологічних препаратів із різними механізмами впливу для обробки насіння мали певний позитивний вплив на олійність насіння (табл. 5.8).

Встановлено підвищення олійності в межах від 0,73 до 3,12 відсоткових пунктів. Найбільшим було зростання олійності при застосуванні для обробки насіння препаратів рістрегулюючої, живильної та захисної дії Екориз + Ендофіт; Аверком-н + Фітофіт та препарату рістрегулюючої та захисної дії Екостерн Триходерма. При цьому препарати мікоризного впливу Міковітал та ріст-стимулюючої дії Натур Вітал плюс та Живорост проявляли хоча і позитивний, проте найменш виражений вплив на олійність насіння культури, що можливо було зумовлено короткостроковістю їх впливу при виключно обробці насіння.

Відповідно умовний вихід олії коливався від 303 кг/га на контролі до 376 кг/га при застосуванні препаратів Екориз + Ендофіт. При цьому збільшення складало 23,9%.

Таблиця 5.8

**Показники продуктивності посівів льону олійного залежно від обробки насіння біологічними препаратами, (середнє за 2023–2025 рр.)**

	Олійність, %	Умовний вихід олії, кг/га	Вихід олії, ± %
Обробка насіння водою	38,92	303	
Екориз + Ендофіт	42,04	376	23,9
Аверком-н + Фітофіт	41,90	369	21,8
Міковітал	39,77	342	12,7
Екостерн Триходерма	41,43	356	17,6
Живорост	39,65	329	8,7
Натур Вітал плюс	39,82	330	9,0
НІР <sub>05</sub>	1,69	13	

Дещо меншим, на 21,8% відбувалося збільшення умовного виходу олії при використанні для інокуляції насіння препаратів Аверком-н + Фітофіт, а також Екостерн Триходерма -17,6%. Спостерігається переважання цих препаратів над продуктами рістстимулюючої дії при разовому їх застосуванні та мікорізного препарату Міковітал, хоча його ефективність була в цій групі була вищою 12,7%.

Азотне живлення має переважний вплив на продуктивність культури через її урожайність [157]. Проте і відмічено позитивну дію, в певному діапазоні значень фактору, на олійність насіння, що спостерігається і в наших результатах (табл. 5.9)

Встановлено, що за рахунок покращення азотного живлення олійність насіння зростала на 1,08 - 4,89 %. При цьому більші значення були відмічені на фонах мінерального живлення – 1,38 - 1,90 відсоткових пункти. При цьому

із збільшення норми добрив в межах  $N_{15}$  -  $N_{45}$  олійність мала динаміку зростання.

Таблиця 5.9

**Показники продуктивності льону олійного в залежності від використання біо-препаратів та азотних мінеральних добрив, (середня за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Олійність, %	Умовний вихід олії, кг/га	Вихід олії, ± %
Обробка насіння водою	38,90	305	
Азотофіт-р	39,35	341	11,8
Екориз	39,32	336	10,0
$N_{15}$	40,28	337	10,3
$N_{30}$	40,66	374	22,6
$N_{45}$	40,80	408	33,6
$НІР_{05}$	1,03	15	

Мало переваги і застосування інокуляції насіння препаратами Азотофіт-р та Екориз. Перевищення олійності над варіантом контролю тут складало 0,45 та 0,42 пункти. Така особливість могла бути зумовлена послаблення активності ґрунтової біоти від зниження вологості ґрунту на етапі дозрівання культури. Умовний вихід олії мав динаміку до зростання при внесенні мінеральних добрив із  $N_{15}$  до  $N_{30}$  та  $N_{45}$  на 32; 69 та 103 кг/га відносно контролю. Зростання на варіантах із інокуляцією насіння складало Азотофіт-р 36 кг/га а Екориз 31 кг/га. За абсолютними значеннями приросту показника варіанти інокуляції були близькими до варіанту мінерального живлення  $N_{15}$ , де зростання складало 10,3 % порівняно із 11,8 та 10,0 % у за препаратів Азотофіт-р та Екориз.

На відміну від азоту, фосфор зумовлює більш виражений вплив на олійність культури [159]. Під впливом заходів покращення фосфорного живлення олійність зростала на 3,2 – 7,9% (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Показники продуктивності посівів льону олійного залежно від заходів оптимізації фосфорного живлення, (середня за 2023–2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Олійність, %	Умовний вихід олії, кг/га	Вихід олії, ± %
Обробка насіння водою	38,89	303	
P <sub>15</sub>	40,32	332	9,6
P <sub>30</sub>	41,17	351	15,9
Біофосфорин	40,13	334	10,0
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	40,79	347	14,6
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	41,96	361	19,2
НІР <sub>05</sub>	1,49	13	

При обробці насіння препаратом Біофосфорин олійність зростала на 1,24 відсоткові пункти, тоді як на фоні мінерального внесення P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> збільшення складало 1,43 та 2,28 значень. Однак при сумісному їх застосуванні олійність була вищою та відповідно зростання складало відповідно 1,90 та 3,07 одиниць, що свідчить про посилення впливу та ефект синергії. Відповідно і умовний вихід олії був найвищим на варіантах P<sub>15</sub> + Біофосфорин та P<sub>30</sub> + Біофосфорин, де перевищення контролю складало 14,6 та 19,2%. Важливо, що на мінеральному фоні P<sub>15</sub> та інокуляції насіння препаратом Біофосфорин вихід олії був одного рівня 332 та 334 кг/га. Ця особливість важлива перш за все із позиції різниці витрат на такі заходи.

Якісний склад олії льону олійного є показником реалізації генетичного потенціалу культури та умов її вирощування (табл. 5.11).

Таблиця 5.11

**Вплив обробки насіння біопрепаратами на якісний склад олії льону, %**

Варіанти дослідів	Пальмітинова	Стеаринова	Олеїнова	Лінолева (омега-6)	альфа-Ліноленова (омега-3)
Обробка насіння водою	5,65	5,11	14,75	12,96	58,38
Екориз + Ендофіт	5,85	5,06	14,47	13,30	57,94
Аверком-н + Фітофіт	5,65	4,90	14,54	13,11	56,28
Міковітал	5,79	5,11	14,80	13,41	57,53
Екостерн Триходерма	5,81	5,10	15,03	13,36	57,63
Живорост	5,69	5,04	14,65	13,38	57,61
Натур Вітал плюс	5,73	5,05	14,91	13,41	57,43

Аналітичний аналіз свідчить, що якісний склад олії є генетично зумовленим показником, а умови вирощування мають коригуючий вплив. Вміст пальмітинової кислоти коливався під впливом досліджуваних факторів із амплітудою у 0,2 пункти, а коефіцієнт варіації складав 1,39%. При застосуванні біопрепаратів вміст пальмітинової кислоти переважно зростав і досягав найвищого значення, 5,85%, на фоні використання препарату Екориз + Ендофіт. Вміст стеаринової кислоти мав амплітуду коливань 0,21 пункт та при використанні препаратів демонструє динаміку зменшення. Найнижчий рівень встановлений при інокуляції насіння Аверком-н + Фітофіт – 4,9%.

Серед ненасичених кислот вміст олеїнової кислоти не мав однозначних змін. При значенні коефіцієнту варіації 1,35% за обробки насіння

препаратом Екориз + Ендофіт її вміст був найменшим - 14,47 %, тоді як від застосування Екостерн Триходерма був найвищим – 15,03%.

Вміст лінолевої кислоти відповідав коефіцієнту варіації 1,31%, і мав динаміку стабільного зростання, досягаючи найвищого значення при обробці насіння препаратом Міковітал та Натур Вітал плюс 13,41%, що складає 0,45 відсоткових пункти. Максимально в олії льону була присутня Ліноленова кислота, із найвужчим відносним варіюванням в 1,12%. Застосування біологічних препаратів призводило до зменшення її частки і найменшою була її присутність у варіанті Аверком-н + Фітофіт, на 2.1 відсоткових пункти менше ніж на контролі.

Кореляційний аналіз зміни частки жирних кислот представлений в таблиці 5.12.

Встановлений під впливом біологічних препаратів дуже сильний прямий зв'язок між вмістом Ліноленової та Стеаринової кислот  $r = 0,87$  та сильний зв'язок  $r = 0,62$  між вмістом Пальмітинової та Лінолевої кислот. Між олеїною та стеариною кислотами зв'язок був помірним  $r = 0,54$ .

Таблиця 5.12

**Парні кореляційні зв'язки між вмістом жирних кислот в олії льону при застосуванні біологічних препаратів, %**

Жирні кислоти	I	II	III	IV	V
I. Пальмітинова	1,00				
II. Стеаринова	0,46	1,00			
III. Олеїнова	0,14	0,54	1,00		
IV. Лінолева (омега-6)	0,62	0,23	0,33	1,00	
V. альфа-Ліноленова (омега-3)	0,28	0,87	0,20	-0,07	1,00

Запроваджені заходи з удосконалення азотного живлення не зумовили істотних змін якісних показників олії (табл. 5.13)

Таблиця 5.13

**Вплив заходів оптимізації азотного живлення на якісний склад олії льону, %**

Варіанти дослідів	Пальмітинова	Стеаринова	Олеїнова	Лінолева (омега-6)	альфа-Ліноленова (омега-3)
Обробка насіння водою	5,65	5,11	14,75	12,96	58,38
Азотофіт-р	5,71	5,06	14,96	13,6	57,42
Екориз	5,7	5,1	15,17	13,48	57,18
N <sub>15</sub>	5,68	5,11	15,16	13,23	57,64
N <sub>30</sub>	5,71	5,22	15,46	13,35	56,96
N <sub>45</sub>	5,68	5,15	15,52	13,41	57

Коефіцієнт варіації вмісту окремих кислот був невеликим і змінювався від 0,41% для пальмітинової кислоти до 1,93 у олеїнової.

Покращення азотного живлення зумовлювало деяке збільшення пальмітинової кислоти, і найвищі значення встановлені на фоні застосування інокуляції Азотофіт-р та норми добрив N<sub>30</sub> – 5,71, що більше контролю на 0,06 відсоткових пунктів. Вміст стеаринової кислоти переважно зростає до 5,22% на фоні N<sub>30</sub>, що вище контролю на 0,11 відсоткових пункти. Покращення азотного живлення позначилося збільшенням вмісту олеїнової кислоти, особливо на фоні більш високого мінерального живлення. Так при внесенні N<sub>45</sub> її вміст досягав 15,52% що перевищує контроль на - 0,77 пункти. Встановлено також деяке збільшення ліноленової кислоти було на фоні інокуляції насіння препаратами Азотофіт-р та Екориз, де перевищення

контролю складало 0,64 та 0,52%. Вміст переважаючої ліноленової кислоти мав динаміку зменшення. При цьому найбільш вираженим зменшення було на максимальному мінеральному фоні N<sub>45</sub>, - 1,38 пункти, та у варіантах інокуляції біологічними препаратами. Аналізом встановлені певні зв'язки між представленими жирними кислотами під впливом покращення азотного живлення (табл.5.14).

Таблиця 5.14

**Парні кореляційні зв'язки між вмістом жирних кислот в олії льону при застосуванні заходів покращення азотного живлення, % (середнє за 2023-2025 рр.)**

Жирні кислоти	I	II	III	IV	V
I. Пальмітинова	1,00				
II. Стеаринова	0,13	1,00			
III. Олеїнова	0,44	0,71	1,00		
IV. Лінолева (омега-6)	0,87	-0,17	0,41	1,00	
V. альфа-Ліноленова (омега-3)	-0,78	-0,45	-0,88	-0,77	1,00

На фоні запровадження заходів оптимізації азотного живлення встановлено тісний прямий кореляційний зв'язок між вмістом пальметиної та лінолевої кислоти  $r = 0,87$  та зворотній зв'язок між ліноленовою та олеїновою кислотами  $r = -0,88$ . Також сильний прямий зв'язок проявлявся між вмістом олеїнової та стеаринової кислотами  $r = 0,71$ , проте протилежний між ліноленовою кислотою із пальметиною та лінолевою відповідно  $r = -0,78$  та  $r = -0,88$ .

Зміна фосфорного режиму також проявляла певний вплив на жирнокислотний склад олії льону (табл. 5.15)

Коефіцієнт варіації вмісту жирних кислот також перебував у вузьких межах - 0,62-1,37%.

Таблиця 5.15

**Вплив заходів оптимізації фосфорного живлення на якісний склад олії льону, %**

	Пальмітинова	Стеаринова	Олеїнова	Лінолева (омега-6)	альфа-Ліноленова (омега-3)
Обробка насіння водою	5,65	5,11	14,75	12,96	58,38
P <sub>15</sub>	5,75	5,13	15,2	13,43	57,32
P <sub>30</sub>	5,72	5,09	15,19	13,41	57,49
Біофосфорин	5,68	5,00	14,95	13,27	57,88
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	5,71	5,14	15,24	13,42	57,43
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	5,68	5,17	15,17	13,39	57,45

При цьому вміст пальмітинової кислоти мав динаміку до зростання, а найвищі значення встановлені на фоні виключно мінерального живлення, P<sub>15</sub>, де перевищення контролю складало 0,1 відсоткового пункту. Заходи фосфорного живлення не мали вираженого впливу на вміст стеаринової кислоти. На фоні препарату Біофосфорин її вміст зменшувався на 0,11 а на фоні P<sub>30</sub> + Біофосфорин зростав на 0,6 пункти. Вміст олеїнової кислоти мав динаміку зростання і досягав максимального значення із перевищенням контролю на 0,49 пунктів на фоні P<sub>15</sub>+ Біофосфорин. Вміст лінолевої кислоти також проявляв деяку динаміку зростання. При цьому мали переваги варіанти де застосовувався мінеральний фон. Найбільше перевищення контролю встановлено на фоні P<sub>15</sub> яке складало 0,47 відсоткових пункти. Вміст ліноленової кислоти був дещо вищим на контролі, а найбільшою була різниця відносно варіантів із внесенням добрив, наприклад на фоні P<sub>15</sub> різниця досягала 1,06 пункти.

Кореляційні зв'язки між вмістом жирних кислот під впливом заходів фосфорного живлення набували різного спрямування (табл. 5.16).

Таблиця 5.16

**Парні кореляційні зв'язки між вмістом жирних кислот в олії льону при застосуванні заходів покращення фосфорного живлення, %**

Жирні кислоти	I	II	III	IV	V
I. Пальмітинова	1,00				
II. Стеаринова	0,18	1,00			
III. Олеїнова	0,79	0,44	1,00		
IV. Лінолева (омега-6)	0,80	0,24	0,97	1,00	
V. альфа-Ліноленова (омега-3)	-0,83	-0,40	-0,98	-0,98	1,00

Вміст ліноленової кислоти мав дуже сильний зворотній зв'язок із часткою пальмітинової  $r = -0,83$ ; олеїнової  $r = -0,98$  та лінолевої  $r = -0,98$  жирних кислот. Сильний протек прямиї зв'язок встановлено між вмістом лінолевої кислоти із пальмітиново та олеїновою жиними кислотами. Де коефіцієнт кореляції складав відповідно  $r = 0,8$  та  $r = 0,97$ . Також проявлявся сильний зв'язок  $r = 0,79$  між вмістом олеїнової та пальмітинової кислот.

В цілому встановлено подібний вплив заходів покращення азотного та фосфорного живлення на зміну вмісту переважаючої в льону ліноленової кислоти.

Варіації вмісту інших жирних кислот не впливали суттєво на узагальнені показники якості олії, у зв'язку із чим розширені результати наведено в додатках.

#### 5.4 Споживання посівами елементів живлення

В процесі росту, розвитку, формування біологічної маси рослин та урожаю відбувається споживання рослинами елементів живлення. Хоча кожна культура має свої специфічні особливості такого процесу рослини мають деякі спільні прояви цих змін. За дослідженнями вітчизняних науковців існує пряма залежність зростання виносу елементів живлення із ґрунту культурою льону олійного від зростання рівнів забезпеченості рослин мінеральними фонами та вологою. При чому, чим більші норми добрив та рівні вологозабезпечення, тим більше зростає споживання культурою NPK [225].

Спостереження за масою сформованої сухої речовини, вмістом у ній елементів живлення та величиною урожаю дозволили провести відповідні розрахунки виносу головних елементів на одиницю площі та одиницю основної і відповідної кількості побічної продукції (табл. 5.17).

В процесі формування врожаю наземною масою рослин було поглинуто від 58,8 до 82,8 кг/га азоту. Найбільше споживання було встановлене за використання біо-препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт де зростання виносу азоту порівняно із контролем складало 35 – 40,8%. Решта досліджуваних біологічних об'єктів збільшували винос елемента в межах 20,6 – 32,3%.

Витрати азоту на формування одиниці товарної та відповідної кількості побічної продукції в середньому коливались від 66,5 до 81,6 кг/т. До найбільшого зростання показника, в межах 19,7 – 22,7% призводило застосування для обробки насіння препаратів Екориз + Ендофіт та Екостерн Триходерма. Інші досліджувані препарати збільшували споживання у менших межах. від 13 до 19,2%.

Таблиця 5.17

**Споживання елементів живлення посівами льону олійного в залежності від використання біо-препаратів, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Споживання елементів живлення					
	сумарне, кг/га			насінням із урахуванням побічної продукції, кг/т		
	N	P	K	N	P	K
Обробка насіння водою	58,8	17,2	50,2	66,5	19,5	56,7
Екориз + Ендофіт	82,8	23,5	54,6	81,6	23,1	53,8
Аверком-н + Фітофіт	79,4	20,4	57,2	79,3	20,4	57,1
Міковітал	74,4	19,0	57,3	76,2	19,5	58,7
Екостерн Триходерма	77,8	19,2	54,1	79,6	19,7	55,4
Живорост	72,3	18,8	51,0	76,6	19,9	54,0
Натур Вітал плюс	70,9	17,8	55,7	75,2	18,9	59,1
НІР <sub>05</sub>	2,4	0,6	2,2	2,3	0,5	2,1

Статистичний аналіз підтверджує наявність тісного зв'язку між сумарним та питомим споживання азоту, коефіцієнт кореляційний між цими ознаками складає  $R=0,989$ , що демонструє переважний вплив виносу азоту із насінням наземної маси рослин.

За інокуляції насіння біологічними препаратами збільшення загального виносу фосфору знаходилось в межах від 3,5 до 36,6% з найбільшим значенням показника на варіанті із Екориз + Ендофіт. Коефіцієнт варіації для даного показника складав 10,2%. Найменший винос, 17,2 кг/га відповідав контрольному варіанту. Про вагомий вплив на винос елементів сформованої біологічної маси рослин свідчить коефіцієнт кореляції, який між виносом азоту та фосфору із одиниці площі складає  $R=0,826$ .

Витрати елемента на формування одиниці продукції мали дещо інший характер. Так препарат Натур Вітал плюс при інокуляції насіння зменшував

потреби споживання фосфору на 3,2%, тоді як решта варіантів були на рівні із контролем або збільшували потребу в елементі в межах – 1 – 18,4%. В цілому варіація значень даного показника складала 6,85%.

При передпосівній обробці насіння препаратами Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт живлення винос фосфору із одиницею насіння та відповідно часткою побічної продукції був вищим, порівняно із контролем та іншими препаратами.

Під впливом досліджуваних факторів винос калію із одиниці площі та із тонною насіння варіював у межах 5,16 та 3,74% відповідно. Зростання виносу калію за використання біологічних препаратів спостерігалось на 1,6 – 14,2 в.п. з найбільшими відсотками приросту на варіантах Аверком-н + Фітофіт та Міковітал. Винос калію мав більш тісний зв'язок із відповідним виносом азоту  $R=0,628$  порівняно із фосфором  $R=0,336$ .

Стосовно кількості спожитого елемента в перерахунку на 1 т основної продукції, то препарати Екориз + Ендофіт, Живорост та Екостерн Триходерма зменшували витрати в діапазоні – 2,3 – 5,4 в.п., тоді як інші, відповідно збільшували споживання на 0,7 – 4,2 в.п. Динаміка вмісту калію в органах льону олійного має різне спрямування, у наслідок чого коефіцієнт кореляції між виносом елемента із одиниці площі та одиницею урожаю був найменшим серед проаналізованих елементів  $R=0,530$ .

Заходи оптимізації азотного живлення мали особливості щодо формування виносу. Зміна біологічної маси льону та вмісту азоту в органах рослин зумовлювали коливання значень виносу із одиниці площі в межах 15,0% а із одиницею основної продукції на 6,92%.

Найбільший вплив на винос азоту із одиниці площі чинить фон мінерального живлення, де від збільшення норми добрив із  $N_{15}$  до  $N_{30}$  та  $N_{45}$  зростання відносно контролю складало відповідно 20,2; 40,2 та 56,6%. На варіантах інокуляції насіння Азотофіт-р та Екориз винос був на статистично однаковому рівні, хоча перевищення відносно контролю було достовірним та складало 22,8-26,9%.

Схожа тенденція зберіглась щодо споживання азоту одиницею врожаю. Покращення азотного живлення, незалежно від способу, призводило до збільшення виносу на 12,8-23,0%. Більш впливовим був фактор мінерального живлення, особливо за більших норм внесення. На варіантах застосування  $N_{30}$  та  $N_{45}$  винос азоту із одиницею врожаю зростав на 19,4 – 23,0%. Варіанти із застосуванням препаратів Азотофіт-р, та Екориз а також на фоні  $N_{15}$  значення виносу були в межах статистичної похибки, проте із достовірним перевищенням контролю в межах від 12,8 до 14,6% (табл. 5.18)

Таблиця 5.18

**Споживання макроелементів посівами льону олійного у досліді із біологізації азотного живлення, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіанти досліді	Споживання елементів живлення					
	сумарне, кг/га			на основну та відповідну кількість побічної продукції, кг/т		
	N	P	K	N	P	K
Обробка насіння водою	59,2	16,5	48,3	66,4	18,5	54,2
Азотофіт-р	75,1	17,2	59,8	76,1	17,5	60,6
Екориз	72,7	17,1	54,0	74,9	17,6	55,7
$N_{15}$	71,3	13,7	50,1	75,0	14,5	52,7
$N_{30}$	83,0	22,2	59,7	79,3	21,2	57,1
$N_{45}$	92,8	21,2	65,3	81,7	18,6	57,5
$НІР_{05}$	3,6	0,5	3,0	2,3	0,8	2,1

Достатньо суттєвим було розсіювання значень виносу фосфору з одиниці площі, яке в середньому складало 17,6%. Найбільше фосфору споживали рослини на вищих варіантах мінерального живлення,  $N_{30}$  та  $N_{45}$ , де перевищення контролю складало 28,5 – 34,5%. Препарати Азотофіт-р та Екориз збільшували загальний винос фосфору відносно контролю на 3,6 – 4,2%, та перевищували мінеральний фон  $N_{15}$  кг/га.

Коливання показників виносу фосфору одиницею урожаю у межах варіантів складало 12,0%. Найбільшими були значення споживання фосфору на варіантах внесення  $N_{30}$ , де перевищення контролю складало 14,6%. Обробка насіння препаратами Азотофіт-р та Екориз зменшувала споживання елемента у розрахунку на одиницю продукції на 5,1 – 5,7%, тоді як на фоні  $N_{15}$  показник зменшувався відносно контролю на 27,5%.

Показники загального виносу калію та умовного споживання тонною насіння, мали найменше коливання серед елементів живлення 11,6 та 4,9%, що могло бути зумовлене відсутністю в схемі досліду калійного живлення.

За значеннями загального виносу калію переважали варіанти вищих фонів мінерального живлення  $N_{30}$   $N_{45}$ , та використання для обробки насіння препарату Азотофіт-р, на яких збільшення показника досягало 23,6 – 35,2%. Застосування Екориз збільшувало споживання елемента на 11,8% , що було вище варіанту  $N_{15}$ , на якому винос калію був вищим на 3,7%. Аналогічно склалася ситуація із виносом калію із одиницею товарної продукції.

Найбільше споживання, із перевищенням контролю на 5,3 – 11,8% встановлено у варіантах інокуляції Азотофіт-р, та внесення мінеральних добрив  $N_{45}$  та  $N_{30}$ . Застосування препарату Екориз збільшувало показник на 2,7%, що перевищувало варіант внесення  $N_{15}$  де споживання калію складало 52,7 кг/т.

Заходи покращення азотного живлення не мали вагомого впливу на структурні фізіологічні та біохімічні процеси. Проявлялася тісна пряма залежність між виносом азоту та фосфору, азоту та калію і фосфору та калію, що свідчить про переважний вплив величини сформованої біологічної маси. Коефіцієнти кореляції між цими ознаками склали відповідно  $R=0,735$ ;  $R=0,925$  та  $0,785$ . Дане заключення підтверджується значеннями коефіцієнтів кореляції між виносом елементів із одиниці площі та одиниці врожаю. Вони відповідно для азоту, фосфору та калію склали  $R=0,967$ ;  $R=0,887$ ;  $R=0,766$ .

Заходи оптимізації фосфорного живлення також мали вплив на показники виносу елементів живлення посівами. Переважна більшість досліджуваних варіантів мала достовірні відмінності із контролем та між окремими градаціями (табл.5. 19).

Таблиця 5.19

**Споживання макроелементів посівами льону олійного у досліді із біологізації фосфорного живлення, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Біологічні препарати	Споживання елементів живлення					
	сумарне, кг/га			на основну та відповідну кількість побічної продукції, кг/т		
	N	P	K	N	P	K
Обробка насіння водою	58,6	14,1	49,7	66,2	15,9	56,1
P <sub>15</sub>	69,3	15,6	56,8	74,0	16,7	60,6
P <sub>30</sub>	65,1	18,6	55,2	67,1	19,2	56,9
Біофосфорин	68,1	16,5	56,7	72,0	17,4	60,0
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	70,0	17,7	57,0	72,4	18,3	58,9
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	72,8	19,9	58,7	74,4	20,3	60,0
НІР <sub>05</sub>	2,2	0,5	2,1	1,9	0,6	1,8

Заходи з оптимізації фосфорного живлення мали виражений позитивний вплив на сумарне споживання азоту рослинами. На контролі цей показник становив 58,6 кг/га, тоді як у варіантах із застосуванням фосфорного живлення він зростав на 11,1–24,2%. Максимальний винос азоту, 70,0–72,8 кг/га, зафіксовано у варіантах із комбінованим застосуванням фосфат мобілізуючого препарату Біофосфорин та мінерального фосфору в нормах P<sub>15</sub> і P<sub>30</sub>. За виключно мінерального фону, а також виключно при використанні Біофосфору для обробки насіння, винос азоту був достовірно нижчим.

Споживання азоту на формування одиниці основної продукції тісно пов'язане із сумарним споживанням цього елемента рослинами, коефіцієнт кореляції між цими показниками складає  $R=0,914$ . На формування одиниці основної та відповідної кількості побічної продукції, найменше азоту, витрачалось на контрольному варіанті, 66,2 кг/т, тоді як найвищих значень показник досягав у варіантах  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$  та  $P_{15}$ , відповідно на 12,4 та 11,8% більше. Використання Біофосфोरину окремо та в поєднанні із  $P_{15}$  збільшувало споживання азоту на 8,8 – 9,4%.

Покращення фосфорного живлення рослин сприяло зростанню виносу елемента як з одиниці площі, так і в розрахунку на одиницю продукції. При цьому коефіцієнт кореляції між цими показниками був високим, та складав  $R=0,995$ . Найбільший винос фосфору, із перевищенням показника відносно контролю на 31,9 та 41,1 %, спостерігався на варіантах  $P_{30}$  та  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$ . Порівняно із контролем достовірно більшим був загальний винос фосфору на мінеральному фоні  $P_{15}$  та при сумісному застосуванні  $P_{15} + \text{Біофосфорин}$ . Переваги цих варіантів були відповідно на рівні 1,5 та 3,6 відсоткових пунктів.

Аналіз вмісту фосфору у перерахунку на одиницю продукції свідчить про його зростання відповідно до покращення фону фосфорного живлення. По відношенню до контролю, де винос елемента складав 15,9 кг/т, на варіантах фосфорного живлення його винос зростав на 5,0-27,7%. Максимальних значень ці показники досягали у варіантах виключно мінерального живлення  $P_{30}$  та на фоні сумісного застосування  $P_{30} + \text{Біофосфорин}$ . Більш економне використання елемента встановлено на мінімальному мінеральному фоні  $P_{15}$  - 16,7 кг/т та при інокуляції насіння препаратом Біофосфорин 17,4 кг/т.

Показники споживання калію, у перерахунку на одиницю площі та маси насіння, під впливом заходів з покращення фосфорного живлення характеризувалися найбільшою стабільністю та коливалися в межах відповідно 5,63 і 3,14%, що було найменшими значеннями порівняно з

азотом і фосфором. Вираженого впливу окремих фонів фосфорного живлення на винос калію з одиниці площі не встановлено, однак саме на цих варіантах зафіксовано його достовірне зростання. Так, порівняно з контролем, винос калію збільшувався на 11,0–18,1%. Максимальний його винос відзначено у варіанті P30 + Біофосфорин — 58,7 кг/га, тоді як мінімальний показник (55,2 кг/га) спостерігався за внесення лише мінерального фосфору в нормі P<sub>30</sub>.

Аналіз вмісту калію в одиниці врожаю засвідчив аналогічну закономірність. Найменше споживання елемента відзначено на контролі — 56,1 кг/т, тоді як у варіантах із покращеним фосфорним живленням встановлено його зростання на 5,0–8,0%. Водночас мінімальний вміст калію в насінні льону серед удобрених варіантів зафіксовано на фоні внесення фосфору в нормі P<sub>30</sub> — 56,9 кг/т. Закономірного впливу щодо окремих варіантів не було встановлено.

### **Висновки до розділу 5**

Представлені біологічні препарати рістрегулюючої та комплексної дії, при інокуляції посівного матеріалу льону олійного, забезпечують позитивний вплив на формування елементів індивідуальної продуктивності рослин, підвищуючи кількість коробочок на одній рослині в межах 0,32 – 0,47 шт., та кількості насіння сформованого в одній коробочці в межах 0,23 – 0,32 шт., тоді як маса тисячі насінин не зазнає істотних, достовірних змін.

Найбільша кількість коробочок встановлена при використанні препаратів Екориз + Ендوفіт та Аверком-н + Фітофіт, 5,53 шт./рослину, а кількість насіння в коробочці при застосування препаратів Міковітал та Натур Вітал плюс 6,62-6,63 шт.

Покращення азотного та фосфорного живлення позитивно впливає на індивідуальну продуктивність рослин льону. Передпосівна обробка насіння препаратами асоціативної азотфіксації Азотофіт-р та Екориз підвищує середню кількість коробочок на рослині на 8,55%, а насіння в коробочці на

4,76 та 4,44 %. Агробіологічна ефективність препаратів співставна із фоном мінерального живлення  $N_{15}$ .

Інокуляція насіння препаратом Біофосфобактерин збільшує кількість коробочок на 2.56%, кількості насіння в коробочці на 2.99% та формує продуктивність рослини вище фону живлення  $P_{15}$ . За комплексом представлених показників переваги має сумісне застосування мінеральних добрив  $P_{15-30}$  та інокуляції насіння Біофосфорин, що підвищує індивідуальну продуктивність рослини порівняно із контролем на 0,03-0,04 г. Представлені бактеріальні добрива не зумовлюють достовірного впливу на масу 1000 насінин льону.

Обробка посівного матеріалу льону препаратами із рістрегулюючим ефектом достовірно підвищує урожайність насіння. Використання препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт підвищує урожайність на 15,3 та 13,0% і забезпечує отримання урожайності 10,2 та 10,0 ц/га. Представлені бактеріальні добрива для інокуляції посівного матеріалу достовірно підвищують урожайність насіння льону олійного. Застосування препаратів Азотофіт-р та Екориз забезпечують отримання урожайності насіння 8,86 та 9,71 ц/га, що перевищує контроль на 10,5 та 8,86 %. Обробка насіння препаратом Біофосфорин дозволяє отриману урожайність 9,45 ц/га, що вище контролю на 6,66%, що співставна із фоном мінерального живлення  $P_{15}$ . Сумісне застосування мінерального живлення та біопрепарату Біофосфорин достовірно підвищує урожайність насіння, що на фоні  $P_{15}$  + Біофосфорин складає 9,68 ц/га.

Застосування біологічних препаратів підвищує варіативність показників урожайності порівняно із мінеральним фоном.

Обробка посівного матеріалу льону препаратами із рістрегулюючим ефектом достовірно підвищує олійність та умовний вихід олії до 376 кг/га при обробці посівного матеріалу Екориз + Ендофіт та 369 кг/га за Аверком-н + Фітофіт.

Зазначені бактеріальні добрива проявляють позитивний вплив на олійність насіння та умовний вихід олії. Інокуляція насіння препаратами Азотофіт-р, Екориз та Біофосфорин підвищує олійність на 0,45 ; 0,42 та 1,24 пункти, та забезпечує вихід олії 341; 336 та 334 кг/га. За показниками олійності та виходу олії переваги має сумісне застосування фосфорних добрив та бактеріального добрива Біофосфорин.

В олії насіння сорту Водограй переважає альфа Лінолекнова 57-58%; Олеїнова 14-15 % та Лінолева 12-13% кислоти. Біологічні препарати та норми добрив  $N_{15-45}$  та  $P_{15-30}$  не проявляють достовірного впливу на вміст основних жирних кислот. На фоні досліджуваних факторів вміст пальмитинової та лінолевої кислот проявляє тісний прямий кореляційний зв'язок.

Застосування біологічних препаратів зумовлює збільшення виносу елементів живлення у тому числі у перерахунку на одиницю основної продукції.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАХОДІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

#### 6.1 Економічна ефективність біологізованих технологій вирощування льону олійного

Сучасне рослинництво є інтенсивним товарним виробництвом, яке функціонує в конкурентному середовищі, з потребами раціонального використання ресурсів та урахування екологічних вимог та запитів ринку. Запровадження нових розробок в існуючі технології є важливою умовою розвитку виробництва, що потребує певних фінансових вкладень, оновлень, чим і зумовлена потреба ґрунтовної економічної оцінки [234, 235].

Такий аналіз дозволяє обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших заходів, оцінити рівень витрат та очікуваних результатів, для зменшення виробничих ризиків та більш об'єктивно оцінити технології.

Досліджувані фактори у представлених градаціях потребували близьких за величиною витрат, проявляли вплив на урожайність культури що відобразилося на економічних показниках виробництва товарного насіння льону. Важливою рисою біологізації є те що такі системи позитивно впливаючи на живлення рослин, сприяючи їх росту, розвитку та формуванню більш сприятливого середовища, не потребують значних ресурсів для запровадження (табл.6.1).

Технологічність процесу інокуляції насіння, невисокі норми витрат та помірна вартість біологічних препаратів зумовили вузький діапазон коливання виробничих витрат 9,44-9,64 тис грн/га. Вищими були витрати саме через вартість та норму витрат препарату Мікровітал.

Оскільки якість насіння не визначала реалізаційну ціну, вартість валової продукції була обумовлена саме урожайністю культури.

Таблиця 6.1.

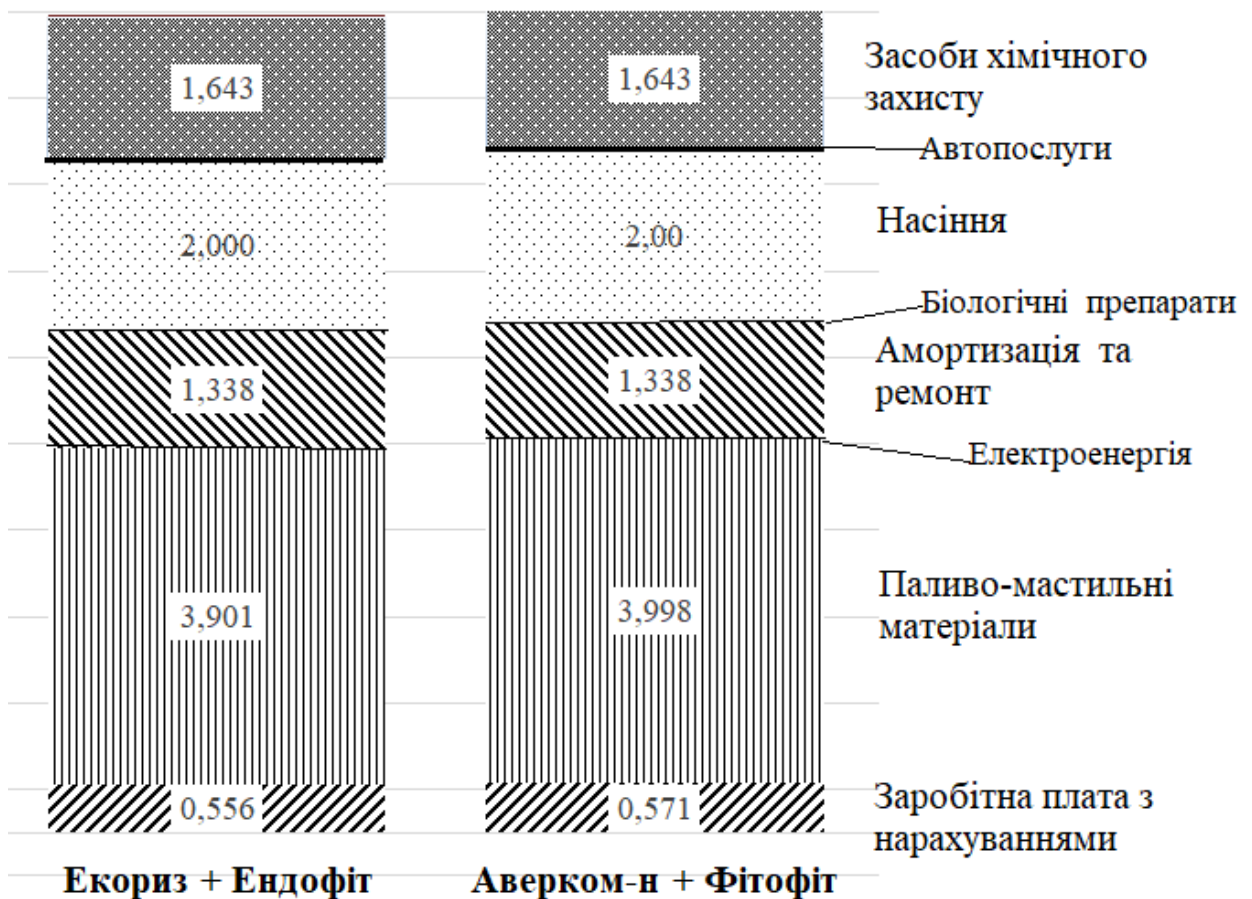
**Економічна ефективність вирощування льону олійного сорту Водограй при використанні ріст регулюючих препаратів.**

	Виробничі витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %	Собівартість тис. грн/т
Обробка насіння водою	9,44	22,1	12,7	134	10,7
Екориз + Ендофіт	9,60	25,4	15,8	165	9,4
Аверком-н + Фітофіт	9,57	25,0	15,4	161	9,6
Міковітал	9,64	24,4	14,8	153	9,9
Екостерн Триходерма	9,57	24,4	14,8	155	9,8
Живорост	9,57	23,6	14,0	147	10,1
Натур Вітал плюс	9,57	23,6	14,0	147	10,2

Найвищою вона була у варіантів обробки насіння комбінацією препаратів Екориз (1 л/т) + Ендофіт (1 л/т) – 25,4 тис грн/га. На 0,4 тис грн/га була нижчою була вартість валової продукції при використанні суміші препаратів Аверком-н + Фітофіт а також на 1 тис грн/га продуктів Міковітал та Екостерн Триходерма. За результатами співставлення цих показників умовно чистий прибуток набував максимального значення при застосуванні препаратів Екориз+Ендофіт. Він на 9,0% був вищий середнього значення в досліді. Використання препаратів Аверком-н + Фітофіт дозволило отримати прибуток 15,4 тис. грн/га. Тому ці варіанти характеризувалися найвищими рівнями рентабельності, відповідно 165 та 161%, та забезпечували найменшу собівартість насіння 9,4 та 9,6 тис. грн/т.

Структура виробничих витрат при застосуванні досліджуваних біологічних препаратів не має істотних відмінностей, що дозволяє розглянути питання на прикладі двох найбільш розбіжних варіантах (Рис. 6.1).

Найбільшу частку при вирощуванні культури складають паливо-мастильні матеріали, 41,3-41,8%, насіння, 20,0-21,2% та засоби хімічного захисту рослин 17,2-17,4%. Біологічні препарати складають лише 0,03%. Важливо, що через високий рівень механізації виробничих процесів витрати на заробітку плати є також достатньо низькими, 0,556-0,571 тис грн/га, що складає 5,9-6,0%.



*Рис 6.1 Структура витрат при вирощуванні льону олійного із застосуванням біологічних препаратів, тис грн/га*

Аналіз свідчить, що в біологізованих технологіях вирощування культури, де мінеральні добрива не вносяться або застосовуються обмежено,

головними напрямками скорочення видатків є заходи мінімізації механізованих робіт та обґрунтоване застосування засобів захисту рослин.

Хімічні та біологічні заходи покращення азотного живлення мають більш вагомій відмінності зважаючи на тенденцію стійкого здороження мінеральних добрив (табл. 6.2).

Таблиця 6.2.

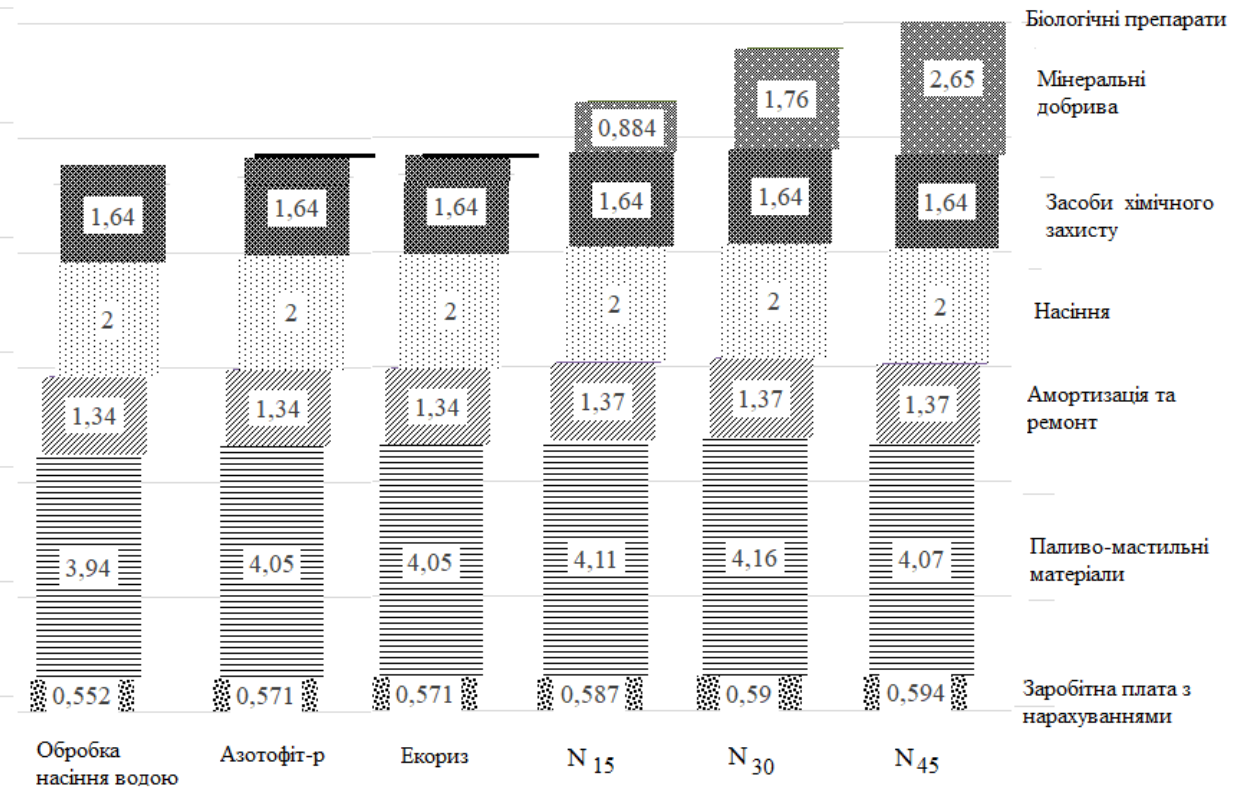
**Економічна ефективність технології вирощування льону олійного в залежності від заходів оптимізації азотного живлення.**

Варіанти дослідів	Виробничі витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %	Собівартість тис. грн/т
Обробка насіння водою	9,48	22,3	12,8	135	10,6
Азотофіт-р	9,63	24,7	15,1	156	9,8
Екориз	9,63	24,3	14,7	152	9,9
N <sub>15</sub>	10,6	23,8	13,2	124	11,2
N <sub>30</sub>	11,6	26,2	14,7	127	11,1
N <sub>45</sub>	12,4	28,4	16,1	130	10,9

Виробничі витрати різнилися достатньо вагомо, амплітуда коливань у межах варіантів складала 2,92 тис. грн/га що складає 30,8%. Найбільше зростали виробничі витрати на варіантах внесення азотних добрив та збільшенні їх норми внесення із 15 до 45 кг. д.р./га. Різниця між крайніми градаціями фактору складала 1,8 тис. грн/га. Значно менше витрат потребувало застосуванні біологічних препаратів асоціативної азотфіксації. Додаткові витрати при їх застосуванні із урахуванням суміжних видатків

зростали відносно контролю на 0,15 тис. грн/га. При цьому різниця за величиною витрат між цими препаратами була практично відсутня. За величиною вартості валової продукції переваги мали варіанти мінерального живлення N<sub>30</sub> та N<sub>45</sub>, де було отримано коштів порівняно із контролем на 3,9 та 6,1 тис. грн/га більше. Запровадження інокуляції насіння препаратами Азотофіт-р та Екориз забезпечувало збільшення вартості валової продукції на 2,3 та 2,0 тис. грн/га. Тобто різниця між кращим варіантом, препаратом Азотофіт-р та мінеральним фоном N<sub>45</sub> складає 3,7 тис грн/га. Проте зважаючи на величину умовно чистого прибутку різниця між цими варіантами складала 1,0 тис грн/га. Використання для інокуляції насіння препарату Азотофіт-р забезпечувало рівень прибутку, який перевищував такий на фоні мінерального живлення N<sub>15</sub> та N<sub>30</sub>. Одночасно найвищий рівень рентабельності в досліді, 156% отримано саме у варіанті обробки насіння препаратом Азотофіт-р, тоді як на фонах мінерального живлення рентабельність коливалася в межах 124-130%. У варіанті обробки насіння препаратом Екориз величина умовного прибутку при цьому складала 14,7 тис. грн/га, що співпадало із рівнем мінерального фону N<sub>30</sub>, проте рентабельність його була на 25 пунктів вищою. Відтак найменшою була собівартість насіння на варіантах запровадження біологічних заходів забезпечення посівів льону азотом. Показник складав 9,8 та 9,9 грн/т, що на 11,2 % менше ніж на максимальному мінеральному фоні.

Аналіз структури витрат (рис. 6.2), свідчить про вагоме переважання вартості паливо-мастильних матеріалів, частка яких при інтенсифікації технології зростала із 3,94 до 4,16 тис. грн/га. Також спостерігалася слабка тенденція до зростання витрати на амортизацію та ремонт засобів, а також витрат на заробітку плату, через запроваджені додаткові заходи, що досягали відповідно 0,03 та 0,042 тис. грн/га. В той же час затрати на насіння та засоби хімічного захисту були стабільними і складали відповідно 2,0 та 1,64 тис. грн/га.



**Рис 6.2. Структура витрат при вирощуванні льону олійного із запровадженням заходів азотного живлення, тис грн/га**

Достатньо вагомою та динамічною часткою витрат є вартість мінеральних добрив. При зростанні норми від N<sub>15</sub> до N<sub>30</sub> витрати зросли із 0,884 до 2,65 тис. грн/га. Витрати на біологічні препарати є одними із найменших елементів, та практично не впливали на загальну величину виробничих витрат.

Заходи покращення фосфорного живлення мають вагомий вплив на економіку вирощування культури, саме через високу вартість мінеральних фосфорних добрив (табл. 6.3).

Варіювання виробничих витрат складало 9,97%. Порівняно із контролем виробничі витрати при внесенні фосфорних добрив P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> зростали на 14,4 та 26,1% відповідно. Однак на фоні інокуляції насіння препаратом Біофосфорин витрати, із урахуванням супутніх, зростали лише на 1,4%.

Таблиця 6.3.

**Економічна ефективність технології вирощування льону олійного в залежності від заходів фосфорного живлення.**

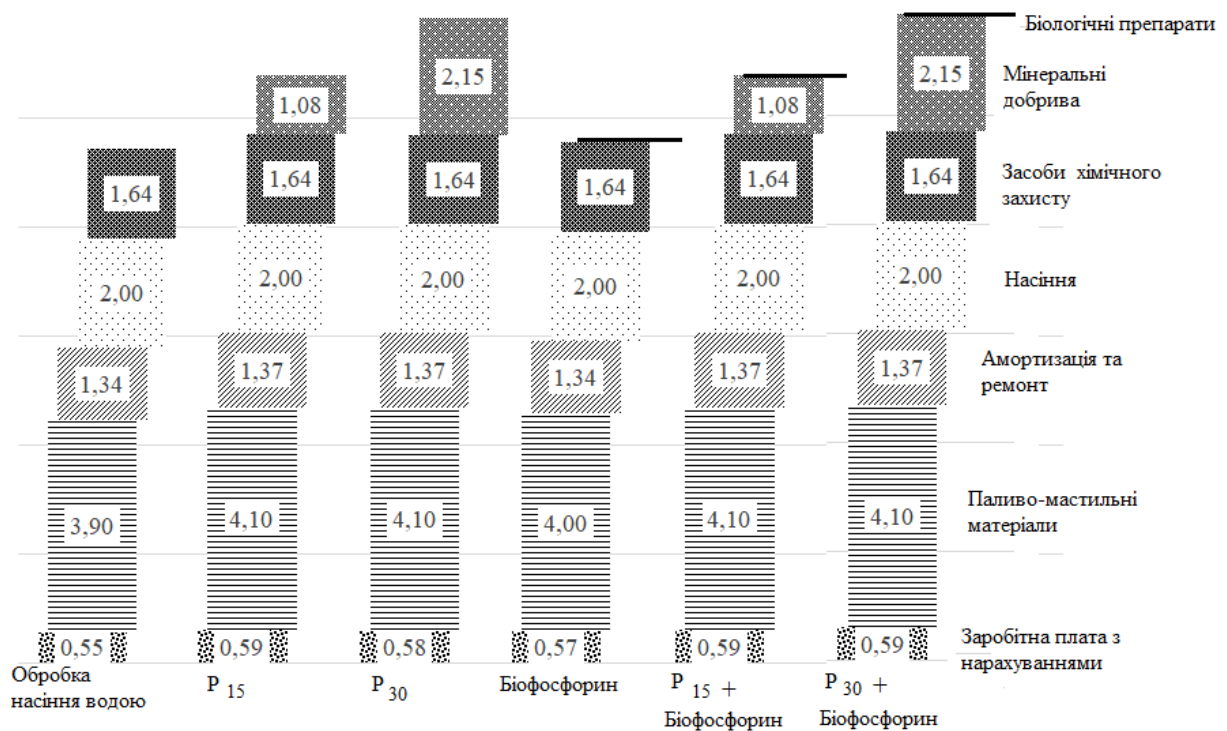
Варіанти дослідів	Виробничі витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %	Собівартість тис. грн/т
Обробка насіння водою	9,44	22,2	12,8	135	10,7
P <sub>15</sub>	10,8	23,4	12,6	117	11,5
P <sub>30</sub>	11,9	24,3	12,5	105	12,2
Біофосфорин	9,58	23,6	14,0	146	10,1
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	10,9	24,2	13,3	122	11,2
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	12,0	24,5	12,5	104	12,1

Вартість валової продукції коливалася у більш вузьких межах – 3,58%, Максимальних значень показник набував на високих фонах мінерального живлення P<sub>30</sub> + Біофосфорин 24,5 тис. грн/га, P<sub>30</sub> – 24,4 тис. грн/га та P<sub>15</sub> + Біофосфорин 24,2 тис. грн/га, що перевищувало контроль на 9,0-10,4%. Проте умовно чистий прибуток набував максимальних значень на фоні обробки насіння Біофосфорином, 14.0 тис. грн/га. Позитивним було його сумісне застосування, оскільки порівняно із аналогічним мінеральним фоном умовно чистий прибуток зростав на 0,7 тис. грн/га відповідно.

Важливо, що при найвищому в досліді рівні рентабельності 146% варіант обробки насіння Біофосфорином перевищував показник на контролі на 11 відсоткових пунктів та забезпечував одну із найнижчих значень собівартості 10,1 тис. грн/т. Через високу вартість фосфорних добрив на максимальному у досліді фоні P<sub>30</sub> спостерігалося різке зростання

собівартості, до 12,2 тис. грн/га. При цьому при поєднанні із інокуляцією насіння Біофосфорином собівартість зменшувалася на 0,8%.

Запровадження заходів фосфорного живлення, насамперед внесення мінеральних добрив, формувало певну динаміку зміни виробничих витрат (Рис.6.3 ).



**Рис 6.3. Структура витрат при вирощуванні льону олійного із запровадженням заходів фосфорного живлення, тис. грн/га**

Подібно до попередньо встановлених тенденцій найбільшу частку становили паливо-мастильні матеріали, насіння, засоби хімічного захисту рослин та витрати на відновлення технічних засобів. Головні зміни були зумовлені появою вагової складової вартість мінеральних добрив, запровадження яких потребувало 1,08 та 2,15 тис. грн/га відповідно нормам внесення P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub>. Поява цієї складової в технології вирощування культури призводило до незначного збільшення витрат на заробітну плату,

амортизацію і поточний ремонт а також на паливо-мастильні матеріали. Застосування інокуляції насіння препаратом Біофосфорин практично не зумовлює змін величини та структури витрат.

## 6.2 Енергетична ефективність вирощування льону олійного

Значні коливання вартості енергетичних агрохімічних та біологічних засобів, технічних ресурсів, послуг та продукції рослинництва, на фоні актуалізації вимог до декарбонізації агровиробництва, зумовлюють необхідність застосування більш об'єктивних і універсальних підходів до оцінки інноваційних технологій вирощування культур.

Одним із таких підходів є біоенергетична оцінка, яка ґрунтується на співставленні обсягу отриманої енергії акумульованої в господарсько корисній продукції з енергією, витраченою на вирощування та первинну переробку урожаю [236].

Загально визнані технології вирощування можуть бути оптимізовані шляхом включення біологічних препаратів, що сприяє зниженню антропогенного навантаження та підвищенню енергоефективності агротехнологій [237, 238].

Проведена біоенергетична оцінка технології вирощування льону олійного свідчить, що рівень енергетичних витрат перебуває на рівні більшості типових технологій польових ярих культур (табл. 6.4 )

Біоенергетична оцінка технології вирощування льону олійного із застосуванням біологічних препаратів засвідчила її достатньо високий рівень енергетичної ефективності, що є типовим для олійних культур.

Прихід енергії з урожаєм за досліджуваними варіантами коливався в межах 2,6 ГДж/га, що складає 13,2 % від середнього значення. Він визначався виключно рівнем урожайності культури.

Таблиця 6.4

**Енергетична ефективність вирощування льону олійного при застосуванні біологічних препаратів (середнє 2023-2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Прихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Енергетичні витрати, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Обробка насіння водою	18,1	6,23	11,8	2,90
Екориз + Ендофіт	20,7	7,43	13,3	2,79
Аверком-н + Фітофіт	20,4	7,43	13,0	2,75
Міковітал	19,9	7,43	12,5	2,68
Екостерн Триходерма	19,9	7,44	12,5	2,68
Живорост	19,3	7,44	11,8	2,59
Натур Вітал плюс	19,2	7,43	11,8	2,59

Сумарні енергетичні витрати на вирощування культури зазнавали впливу більшої кількості не енергоємних факторів а тому максимально відхилялися на 0,24 ГДж/га, що складає 3,24% та є характерним для ярих культур неінтенсивного типу [239].

Найвищий показник приходу енергії з урожаєм, 20,7 ГДж/га, отримано у варіанті застосування препарату Екориз+Ендофіт, що забезпечило позитивний баланс енергії 13,3 ГДж/га та найвищий в досліді енергетичний коефіцієнт 2,79. Водночас варіант Живорост та Екостерн Триходерма характеризувалися найвищими енергетичними витратами, 7,44 ГДж/га, та меншими значеннями енергетичного коефіцієнту, 2,68 та 2,59, що пов'язано із меншим приходом енергії із урожаєм. Високий рівень окупності енергії встановлено також у варіанті застосуванні передпосівної обробки насіння

препаратом Міковітал Аверком-н + Фітофіт, де коефіцієнт енергетичної ефективності досягав значення 2,75.

Внесення мінеральних добрив, перш за все азотних, є достатньо енергетично витратним заходом, що істотно впливає на енергетичний баланс (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

**Енергетична ефективність вирощування льону олійного при запровадженні заходів оптимізації азотного живлення (середнє 2023-2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Прихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Енергетичні витрати, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Обробка насіння водою	18,2	6,23	12,0	2,92
Азотофіт-р	20,1	7,43	12,7	2,71
Екориз	19,8	7,43	12,4	2,67
N <sub>15</sub>	19,4	10,41	9,0	1,86
N <sub>30</sub>	21,3	14,24	7,1	1,50
N <sub>45</sub>	23,2	18,06	5,1	1,28

Попри формування позитивного енергетичного балансу за всіх досліджуваних варіантів, найбільш істотними були коливання витратної частини. Якщо прихід енергії з урожаєм коливався в межах 24,6%, що зумовлено вагомим впливом азотного живлення, то сумарні енергетичні витрати на вирощування культури змінювалися з розмахом у 11,8 ГДж/га, що складає відхилення від середнього значення на 111,3 %.

Найменші енергетичні витрати, окрім контролю, зафіксовано у варіантах з обробкою насіння водою препаратами асоціативної азотфіксації

Азотофіт-р та Екориз. Тут порівняно із контролем витрати енергії зростали на 1,2 ГДж/га, при цьому енергетичний коефіцієнт набував найвищих значень 2,71 та 2,67. Вищим було лише значення екстенсивного варіанту - контролю, де показник становив 2,92. Переваги варіантів застосування біологічних препаратів зумовлено відносно низькими витратами енергії за порівняно вищого рівня зростання врожайності.

Використання мінерального азотного живлення забезпечило істотне зростання приходу енергії з урожаєм, перш за все за вищих норм  $N_{30-N_{45}}$ , де перевищення контролю становило 3,1 та 5 ГДж/га. Однак за таких технологій потреби в енергії збільшуються на 8,1 та 11,8 ГДж/га, що відповідає перевищенню в 2,3 та 2,9 рази. При цьому енергетичний коефіцієнт був найнижчим 1,28-1,5, що свідчить про належну віддачу вкладеної енергії. При цьому при збільшенні норми добрив коефіцієнт енергетичної ефективності стабільно зменшувався. Тому із позицій енергетичного балансу переваги має покращення азотного живлення льону олійного шляхом застосування препарату Азотофіт-р для інокуляції насіння, що забезпечує приріст енергії в 12,7 ГДж/га, та окупність енергетичних витрат в 2,71 рази.

Фосфорні мінеральні добрива, хоча є менш енергетично ємкими, вагомо позначаються на структурі та величині енергетичного балансу (табл. 6.6).

Результати біоенергетичної оцінки технологій свідчать, що позитивний енергетичний баланс формується на всіх досліджуваних варіантах вирощування льону олійного. Прихід енергії з урожаєм коливався до 5 ГДж/га, що еквівалентно 24,5 %, тоді як сумарні енергетичні витрати варіювали з розмахом до 11,8 ГДж/га, що складає 111,3 % від середнього рівня.

Однак при такій невідповідності змін складових енергетичний коефіцієнт відображає формування позитивного балансу.

Таблиця 6.6

**Енергетична ефективність вирощування льону олійного при  
запровадженні заходів фосфорного живлення (середнє 2023-2025 рр.)**

Варіанти дослідів	Прихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Енергетичні витрати, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Обробка насіння водою	18,1	6,23	11,8	2,90
P <sub>15</sub>	19,1	7,00	12,1	2,73
P <sub>30</sub>	19,8	7,41	12,4	2,67
Біофосфорин	19,3	6,46	12,8	2,99
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	19,7	7,01	12,7	2,82
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	20,0	7,41	12,6	2,69

Контрольний варіант з обробкою насіння водою характеризувався найменшим рівнем енергетичних витрат, приходу енергії та водночас найвищим енергетичним коефіцієнтом 2,9, що зумовлено мінімальним енергетичним навантаженням за відносно стабільного рівня врожайності, проте не може бути рекомендованим для виробництва.

Найбільший вплив має фактор мінерального удобрення. За внесення фосфорних добрив у нормі P<sub>15</sub> встановлено зростання приходу енергії з урожаєм на 1 ГДж/га, однак підвищення енергетичних витрат на 0,77 ГДж/га, що призвело до зниження енергетичного коефіцієнта на 0,17 пункти.

Підвищення норми фосфору до P<sub>30</sub> формувало непропорційне співвідношення прихідної та витратної складової, через що енергетичний коефіцієнт зменшився від попередньому мінерального фону на 0,06 пункти.

Застосування біологічного препарату Біофосфорин потребувало незначного збільшення енерговитрат, 0,23 ГДж/га, що забезпечувало прихід

енергії 1,2 ГДж/га, у наслідок чого енергетичний коефіцієнт зростав до найвищого в досліді значення 2,99. Поєднання мінерального фосфорного живлення з біологічним препаратом сприяло збалансуванню енергетичних показників, забезпечивши приріст енергії з урожаєм 0,6 та 0,2 ГДж/га за помірною збільшення, до 0,01 ГДж/га. Тому на цих варіантах відбувалося зростання енергетичного коефіцієнту на 0,9 та 0,02 пункти.

### **Висновки до розділу 6.**

Використання в технології вирощування льону олійного біологічних препаратів різного функціонального спрямування не спричиняє вагомозого зростання виробничих витрат та покращує економічні результати вирощування культури в цілому.

Передпосівна обробка насіння препаратами Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт забезпечує збільшення умовно чистого прибутку на 24,0 та 21,3%, досягнення найменшої собівартості насіння, 9,4-9,6 тис. грн/т при рентабельності 165 та 161% відповідно.

В структурі витрат льону олійного без застосування добрив найбільшу частку складають паливо-мастильні матеріали 41,3-41,8 %, насіння 21-21,2% та засоби хімічного захисту рослин 17,0-17,4%. В технологіях вирощування льону олійного на мінеральному фоні N<sub>15-30</sub> частка витрат на добрива зростає із 8,3 до 24,1%, що поступається лише вартості паливо-мастильних матеріалів 32,9-38,7%. Застосування препаратів асимбіотичної азотфіксації Азотофіт-р та Екориз сприяє значному зменшенню виробничих витрат, зростанню прибутку до 15,1 та 14,7 тис грн/га, зменшенню собівартості насіння до 9,8-9,9 тис грн/га та досягнення найвищої рентабельності 156 та 156 % відповідно.

За показниками умовно чистого прибутку, застосування для обробки насіння препаратів Азотофіт-р та Екориз, співставне внесенню мінеральних добрив N<sub>30</sub> проте скорочує виробничі витрати на 20,5%, забезпечуючи вищу рентабельність та меншу собівартість виробництва.

В технологіях вирощування льону олійного на фоні внесення  $P_{15-30}$  частка витрат на удобрення досягає 10-18,2%. Інокуляція посівного матеріалу препаратом Біофосфорин сприяє зменшенню витрат, зростанню умовно чистого прибутку до 14,0 тис. грн/га та вирощування насіння із найменшою собівартістю 10,1 тис грн/га.

Сумісне застосування мінеральних добрив та препарату Біофосфорин збільшує умовно чистий прибуток на 0,7 тис грн/га, підвищує рентабельність та зменшує собівартість продукції.

Заходи біологізації в технології вирощування льону олійного не впливають на величину та структуру енергетичних витрат проте суттєво збільшують приріст енергії та підвищують коефіцієнт енергетичної ефективності.

Обробка посівного матеріалу льону олійного препаратами Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт забезпечують найвищий енергетичний коефіцієнт вирощування культури 2,79 та 2,75. Застосування препаратів Азотофіт-р та Екориз підвищує приріст енергії порівняно із еквівалентним мінеральним фоном  $N_{15}$  на 3,4-3,7 ГДж/га.

Поєднання інокуляції насіння препаратом Біофосфорин та внесення мінеральних добрив  $P_{15}$  та  $P_{30}$  надає біоенергетичні переваги технології, збільшуючи приріст енергії на 0,6 та 0,2 ГДж/га та підвищуючи енергетичний коефіцієнт до 2,82 та 2,69 відповідно. Покращення фосфорного живлення інокуляцією посівного матеріалу біологічним добривом Біофосфорин забезпечує найвищий прихід енергії 12,8 ГДж/га при найвищій окупності енергетичних витрат 2,99.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі сформовано теоретичне та практичне обґрунтування вирішення важливої нової наукової проблематики – впровадження елементів біологізації в технологію вирощування льону олійного в посушливих умовах Півдня України. Біологічні препарати дозволяють скоротити використання хімічних добрив, підвищити ефективність їх використання, підвищити економічну ефективність вирощування та є важливою складовою для переходу до органічного виробництва льону олійного. Отримані результати досліджень дозволяють зробити наступні основні висновки:

Використання біологічних препаратів для обробки насіння льону олійного сприяє підвищенню ефективності ростових процесів рослин та подовжує тривалість вегетаційного періоду культури в середньому на 3 доби. Застосування рістрегулюючих препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітовіт збільшує висоту рослин на 7,2–7,8%, фотосинтетичний потенціал до 995-997 тис. м<sup>2</sup> добу/га, та забезпечують чисту продуктивність фотосинтезу 3,56-3,63 г/м<sup>2</sup> за добу, що забезпечило формування найбільшої біомаси — 3,75–3,81 т/га, та оптимізувати вологоспоживання знизивши коефіцієнт водоспоживання відносно контролю на 261–285 м<sup>3</sup>/т.

Препарати асоціативної азот-фіксації Азотофіт-р та Екориз підвищують висоту рослин на 6,1 – 6,7%, фотосинтетичний потенціал до 1001-1007 тис. м<sup>2</sup> добу/га, та забезпечують чисту продуктивність фотосинтезу 3,43-3,47 г/м<sup>2</sup> за добу, що дозволяє сформувати суху наземну масу 3,64-3,7 т/га, та покращити ефективність використання вологи, знизивши коефіцієнт водоспоживання відносно контролю на 176-210 м<sup>3</sup>/т. Застосування біологічних препаратів проявляє ефективність, наближену до дії азотних добрив у дозі N<sub>15</sub>.

Препарат Біофосфобактерин підвищують висоту рослин на 5,1 %, фотосинтетичний потенціал до 942 тис. м<sup>2</sup> добу/га, та забезпечують чисту продуктивність фотосинтезу 3,55 г/м<sup>2</sup> за добу, що дозволяє сформувати суху наземну масу 3,67 т/га, та позитивно впливає на використання вологи, скоротивши коефіцієнт водоспоживання відносно контролю на 139 м<sup>3</sup>/т. Препарат Біофосфорин забезпечує ефект, еквівалентний внесенню мінеральних добрив у дозі P<sub>15</sub>. Сумісне внесення мінеральних добрив у нормах P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> у поєднанні з інокуляцією насіння препаратом Біофосфорин забезпечує вищий агрономічний ефект порівняно з їх разовим застосуванням.

Біологічні препарати позитивно впливають на елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного збільшуючи кількість коробочок, кількість насінин в коробочці та як наслідок кількість насіння з однієї рослини.

Порівняно із контролем застосування препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт збільшує кількість коробочок на 9,07%, насіння в коробочці на 3,65% та індивідуальну продуктивність рослини на 13,0 -13,1%. Обробка насіння препаратом Міковітал підвищує кількість коробочок та насіння в ній на 9,27 та 5,07% а загальну кількість насіння на 14,8%

Препарати Азотофіт-р та Екориз порівняно із контролем збільшують кількість коробочок на 9,07%, насіння в коробочці на 3,65% та індивідуальну продуктивність рослини на 13,0 - 13,1%. За кількістю насіння сформованого однією рослиною ці варіанти перевищують мінеральний фон N<sub>15</sub> на 4,61 та 3,7%.

Застосування для обробки насіння препарату Біофосфорин порівняно із контролем та фоном P<sub>15</sub> збільшує кількість коробочок на рослина на 2,56 та 1.76%, насіневість коробочки на 2,99 та 0,15% а загальну кількість насіння на 5,49 та 1,91%. Кількість насіння однієї рослини при застосування препарату Біофосфорин на фоні внесення P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> зростає на 7,29 та 3,02%.

Застосування для обробки насіння препаратів Екориз + Ендофіт та Аверком-н + Фітофіт забезпечує прибавку урожаю повірянню із контролем

відповідно на 1,30 ц/га та 1,16 ц/га, що формує умовний вихід олії 376 та 369 кг/га, та перевищує контроль на 24,1 та 21,8 %.

Обробка насіння азот фіксуючими препаратами Азотофіт-р та Екориз підвищує урожайність порівнянню із контролем відповідно на 0,94 та 0,79 ц/га, забезпечує умовний вихід олії 341 та 336 кг/га, що перевищує контроль на 11,8 та 10,2 % та співставне із показником на мінеральному фоні  $N_{15}$  - 337 кг/га.

Передпосівна обробка насіння льону препаратом Біофосфорин підвищує порівнянню із контролем урожайність на 0,59 ц/га, забезпечує умовний вихід олії 334 кг/га, що перевищує контроль на 10,2 % та співставне із виходом олії на мінеральному фоні  $P_{15}$  – 332 кг/га.

Сумісне застосування препарату Біофосфорин та внесення мінеральних добрив  $P_{15}$  та  $P_{30}$  забезпечує підвищення урожайності на 3,31 й 0,93 % та умовного виходу олії на 4,52 й 2,84%

Кореляційний аналіз демонструє залежність урожайності насіння від кількості коробочок сформованих рослиною ( $r = 0,92$ ), та кількості насіння сформованого в коробочці ( $r = 0,58$ ), в той час як із масою тисячі насінин кореляційний зв'язок знаходиться на середньому рівні ( $r = 0,41$ ). Застосування біологічних препаратів підвищує варіативність показників урожайності порівняно із мінеральним фоном. Застосування представлених біологічних препаратів та фонів мінерального живлення не мають вагомого впливу на жирнокислотний склад олії. Біологічні препарати рістрегулюючої, живильної та системної дії позитивно впливають на якість насіння, підвищуючи вміст олії.

Застосування біологічних препаратів рістрегулюючої, живильної та комплексної дії не потребують значних додаткових витрат коштів і енергії та суттєво підвищують енергетичну та економічну ефективність вирощування льону олійного.

Передпосівна обробка насіння культури препаратом Екориз + Ендофіт забезпечує урожайність 10,2 ц/га отримання прибутку 15,8 тис. грн/га та

досягнення рівня рентабельності 165%. Використання препарату Азотофіт-р дозволяє отримати урожайність 9,86 ц/га, тримати прибуток 15,1 тис. грн/га за рівня рентабельності 156%. Застосування препарату Біофосфорин забезпечує урожайність 9,45 ц/га, отримання прибутку 14,0 тис. грн/га із рівнем рентабельності 146%. Сумісне застосування Р<sub>30</sub> + Біофосфорин дозволяє отримати урожайність 9,79 ц/га при цьому умовна прибутковість зменшується до 12,5 тис. грн/га а рівень рентабельності до 104 %.

Інокуляція насіння льону олійного біологічними препаратами підвищує біологічну активність ґрунту. Застосування Екоризу збільшує кількість бактерій здатних фіксувати атмосферний азот в 2 рази. Обробка насіння препаратом Азотофіт-р збільшує кількість бактерій діазотрофів у ґрунті в 1,4 рази. Використання препарату Біофосфорин стимулює розвиток целюлозоруйнівних стрептоміцетів та ризосферних фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів збільшуючи їх чисельність в 3 – 3,3 рази.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Господарствам в посушливих умовах Південного Степу України рекомендуємо вирощувати льон олійний із застосування елементів біологізації шляхом використання біологічних препаратів, що позитивно впливає на економічні результати вирощування та має екологічні переваги.

- Передпосівна обробка насіння композиціями препаратів ріст-стимулюючої та комбінованої дії Екориз (1л/т) + Ендوفіт (1 л/т) та Аверком-н (0,1 л/т) + Фітофіт (0,1 л/т) забезпечує урожайність культури відповідно 10,2 та 10,0 ц/га; чистий прибуток – 15,8 та 15,4 тис. грн/га при рівні рентабельності вирощування 165 та 161%.

- Проведення інокуляції насіння препаратів асимбіотичної азотфіксації Азотофіт-р (1л/т) або Екориз (1 л/т) забезпечує урожайність насіння 9,86 та 9,71 ц/га, отримання чистого прибутку в 15,1 та 14,7 тис грн/га, при рівні рентабельності 156 та 152%.

- Передпосівна обробка насіння фосфат-мобілізуювальним препаратом Біофосфорин (1 л/т) дозволяє отримати урожай 9,45 ц/га; та чистий прибуток 14 тис. грн/га, при рівні рентабельності виробництва – 146%. Сумісне застосування Р15 + Біофосфорин (1 л/т) дозволяє отримати вищу урожайність, 9,68 ц/га, однак прибутковість зменшиться до 13,3 тис грн/га та рентабельність до 122 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудік О.Л. Еколого-кліматичні закономірності та перспективи поширення льону олійного в Україні. *Інноваційні технології в рослинництві : проблеми та їх вирішення – матер. Міжнар. Наук. Практ конф.* Житомир. 2018. С. 147 – 152.
2. Рудік О.Л., Рудік Н.М. Особливості зонального розміщення посівів олійних культур в Україні та напрямки їх оптимізації. *Наукове видання Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Напрями розвитку сучасних систем землеробства», присвяченої 110-річчю від дня народження професора С.Д. Лисогорова.* Херсон. 2013. С. 219 – 225.
3. Bastian T. E. Support Scheme for Linseed. *Linseed. Outoftheblue.* Cambridge. 1990. P. 5 – 11.
4. Kessler R.W., Kohler R. New Strategies for exploiting flax and hemp. *Chemtech.* 1996. P. 34 – 42.
5. Кругла Н. А. Історія розвитку льонарства в Україні: друга половина ХІХ початок ХХ століття. *Автореф. Дис. канд. історич. наук.* Київ. 2002. 15 с.
6. Рудік О.Л. Природно - сільськогосподарська зональність розміщення льону та особливості його використання. *Роль наук про Землю в народному господарстві: стан і перспективи (присвячена Всесвітньому Дню Землі).* Збірник матеріалів ІІ-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Херсон. ХДАЕУ. 2020. С. 223 – 227.
7. Махова Т. В. Формування продуктивності льону олійного харчового напрямку залежно від елементів технології вирощування в умовах Степу України. *Автореферат дис. канд. с.-г. наук.* Дніпро. 2019. 21 с.
8. Рудік О.Л. Еколого-кліматичні закономірності та перспективи поширення льону олійного в Україні. *Інноваційні технології в рослинництві : проблеми та їх вирішення – матер. Міжнар. Наук. Практ конф.* Житомир. 2018. С. 147 – 152.

9. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
10. Чехов А. В., Лапа О. М., Мищенко Л. Ю., Полякова І. О. Льон олійний: біології, сорти, технологія вирощування . Київ. 2007. 56 с.
11. FAO. Available at. URL: <http://www.fao.org/faostat/zh/#data/QC>.
12. Товстановська Т. Г., Полякова І. О. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*. 2007. № 1. С. 14 – 15.
13. Muzyczek M. The use of flax and hemp for textile applications. *Handbook of Natural Fibres (Second Edition) Volume 2. Processing and Applications*. 2020. P. 147 – 167. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818782-1.00004-3>
14. Cirule D., Andersone I., Kuka E., Andersons B. Recent Research on Linseed Oil Use in Wood Protection—A Review. *Sci* . 2024. № 6 (54). P. 1 – 16. DOI: <https://doi.org/10.3390/sci6030054>
15. Weththimuni M. L., Canevari C., Legnani A., Licchelli M., Malagodi M., Ricca M., Zeffiro A. Experimental Characterization of Oil-Colophony Varnishes: A Preliminary Study. *Int. J. Conserv. Sci*. 2016. № 7. P. 813 – 826.
16. Timar M. C., Varodi A. M., Liu X. Y. The Influence of Artificial Ageing on Selected Properties of Wood Surfaces Finished With Traditional Materials—An Assessment for Conservation Purposes. *Bull. Transilv. Univ. Bras. Ser. II For. Wood Ind. Agric. Food Eng*. 2020. № 13. P. 82 – 94.
17. Janesch J., Gusenbauer C., Mautner A., Gindl-Altmutter W., Hansmann C. Efficient Wood Hydrophobization Exploiting Natural Roughness Using Minimum Amounts of Surfactant-Free Plant Oil Emulsions. *ACS Omega*. 2021. № 6. P. 22202 – 22212.
18. Yaremchuk L., Hogaboam L., Slabejová G., Sedliačik J. Comparative Analysis of the Quality Properties of Oil-Based and Alkyd Coating Materials for Wood. *Acta Fac. Xylologiae Zvolen*. 2023. № 65. P. 63 – 71.
19. Tse T. J., Guo Y., Shim Y. Y., Purdy S. K., Kim J. H., Cho J. Y., Alcorn J., Reaney M. J. T. Availability of bioactive flax lignan from foods and

supplements. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. Vol. 63(29). P. 9843 – 9858. DOI: doi:10.1080/10408398.2022.2072807.

20. Stavropoulos P., Mavroeidis A., Papadopoulos G., Roussis I., Bilalis D., Kakabouki I. On the Path towards a “Greener” EU: A Mini Review on Flax (*Linum usitatissimum* L.) as a Case Study. *Plants*. 2023. № 12. P. 1–13.

21. Hall, C., Tulbek, M. C., Xu Y. Flaxseed. In: Taylor, S.L. Advance in food and nutrition research. *Elsevier Press*. 2006. P. 1 – 97. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)51001-0](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)51001-0)

22. Bechlin T. R., Granella S. J., Christ D., Coelho S. R., Viecelli, C. A. Evaluation of grain and oil quality of pack-aged and ozonized flaxseed. *Journal of Stored Products Research*. 2019. № 83. P. 311 – 316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.07.014>

23. Arntfield S. D., Rada Y. D. Proteins from oil-producing plants. Proteins in food processing. *Woodhead Publications*. 2018. P. 187 – 221. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00008-5>

24. Kaur M., Kaur R., Gill B. S. Mineral and amino contents of different flaxseed cultivars in relation to its selected functional properties. *Journal of Food Measure and Characterization*. 2017. № 11. P. 500 – 511. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9417-x>

25. Жолобецький Г. Льон культура прибуткова... чи заморочлива. *Пропозиція*. 2017. № 5 (261). С. 68 – 71.

26. Newkirk R. Flax feed industry guide. *Flax Canada*. 2015. P. 1 – 23.

27. Diederichsen A., Hammer K. Variation of cultivated flax *Linum usitatissimum* L. subsp. *usitatissimum* and its wild progenitor pale flax subsp. *angustifolium* Huds. Thell. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 1995. Vol. 42. № 1. P. 263 – 272.

28. Рудік О. Л. Природно - сільськогосподарська зональність розміщення льону та особливості його використання. *Роль наук про Землю в народному господарстві: стан і перспективи (присвячена Всесвітньому Дню*

Землі). 20 березня Збірник матеріалів II-ї Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: ХДАЕУ. 2020. С. 223 – 227.

29. Deng Q., Yu X., Ma F., Xu J., Huang F., Huang Q. Comparative analysis of the in-vitro antioxidant activity and bio-active compounds of flaxseed in China according to variety and geographical origin. *International Journal of Food Properties*. 2017. № 20. P. 2708 – 2722. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1402029>

30. Bekhit A. A., Shavandi A., Jodjaja T., Birch J., Tech S., Ahmed I. S. A. Flaxseed: composition, deoxification, utilization, and opportunities. *Biocatalysis & Agricultural Biotechnology*. 2018. № 13. P. 129 – 152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.11.017>

31. Mohseni F., Goli, S.A.H. Encapsulation of flaxseed oil in the tertiary conjugate of oxidized tannic acid-gelatin and flax-seed (*Linum usitatissimum*) mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. № 140. P. 959 – 964. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.197>

32. Baba W. N., Jan K., Punoo H. A., Wani T. A., Dar M. M., Masoodi F. A. Techno-functional properties of yoghurts fortified with walnut and flaxseed oil emulsions in guar gum. *LWT-Food Science and Technology*. 2018. № 92. P. 242 – 249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.007>

33. Farbod F., Kalbasi A., Moini S., Emam-Djomeh Z., Razavi H., Mortazavi A. Effects of storage time on compositional, micro-structural, rheological and sensory properties of low fat Iranian UF-Feta cheese fortified with fish oil and fish oil powder. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. № 52. P. 1372 – 1382. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1163-z>

34. Veena N., Nath B. S., Srinivas B., Balasubramanyam, B. V. Quality attributes of dahi prepared from milk fortified with omega-3 fatty acids, phytosterols and polydextrose. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. № 54. P. 1765 – 1775. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2596-6>

35. Hashempour-Baltork F., Torbati M., Azadmard-Damirchi S., Savage G. P. Vegetable oil blending: a review of physicochemical, nutritional and health

effects. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. № 57. P. 52 – 58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.007>

36. El-Waseif M. A., El-Dayem H. H. A., Hashem H. A., El-Behairy S. A. Hypolipidemic effect of fat spreads containing flaxseed oil. *Annals of Agricultural Science*. 2014. № 59. P. 17 – 24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2014.06.003>

37. Meinhart A. D., da Siveira T. F. F., de Morase M. R., Petrarca M. H., Siva L. H., Oliveira W. S., Wagner R., Bolini H. M. A., Bruns R. E., Filho J. T., Godoy H. T. Optimization of frying oil composition rich in essential fatty acids by mix-ture design. *LWT- Food Science and Technology*. 2017. № 84. P. 795 – 803. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.053>

38. Kumar M. M., Faiza S., Dabnath S., Nasirullah. Status of the bioactive phytochemicals during deep-fat frying of snack food using nutra-coconut oil. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. № 54. P. 3689 – 3698. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2833-z>

39. Osuna M. B., Romero A. M., Avallone C. M., Judis M. A., Bertola N. C. Animal fat replacement by vegetable oils for formulation of breads with flour mixes. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. № 55. P. 858 – 867. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2888-x>

40. Rangrej V., Shah V., Patel J., Ganorkar P. M. Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. № 52. P. 3694 – 3700. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1430-7>

41. Gowda A., Sharma V., Goyal A., Singh A. K., Arora, S. Process optimization and oxidative stability of omega-3 ice cream fortified with flaxseed oil microcapsules. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. № 55. P. 1705 – 1715. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3083-4>

42. Bolger Z., Brunton N. P., Monahan F. J. Impact of inclusion of flaxseed oil (pre-emulsified or encapsulated) on the physical characteristics of

chicken sausages. *Journal of Food Engineering*. 2018. № 230. P. 39 – 48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.026>

43. Bilaska A., Waszkowiak K., Blaszyk M., Rudzinska M., Kowalski R. Effect of liver pate enrichment with flax-seed oil and flaxseed extract on lipid composition and stability. *Journal of the Science and Food Agriculture*. 2018. № 98. P. 4112 – 4120. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8928>

44. Bermudez-Aguirre D., Barbosa-Canovas G. V. Quality of selected cheeses fortified with vegetable and animal sources of omega-3. *LWT-Food Science and Technology*. 2011. № 44. P. 1577 – 1584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.023>

45. Debusca A., Tahergorabi R., Beamer S. K., Partington S., Jaczynski J. Interactions of dietary fibre and omega-3-rich oil with protein in surimi gels developed with salt substitute. *Food Chemistry*. 2013. № 141. P. 201 – 208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.111>

46. Bhavana K., Babu N., Lakshmi N., Deepthi B., Kavya G. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2021. № 70. P. 100 – 105.

47. Скорченко А. Ф., Карпець І. П., Ковальов В. Б. Основи ведення льонарства в сучасних умовах. Київ. *Норапрінт*. 2002. 48 с.

48. Серов. В. І., Калашніков К. Г., Серьогін В. І. Вирощувати льон олійний вигідно. *Кормівництво*. 1995. № 3. С. 1 – 19.

49. Mattioli S., Ruggeri S., Sebastiani B., Brecchia G., Dal Bosco A., Cartoni Mancinelli A., Castellini C. Performance and egg quality of laying hens fed flaxseed: highlights on n-3 fatty acids, cholesterol, lignans and isoflavones. *Animal*. 2017. № 11. P. 705 – 712. DOI: [10.1017/S175173111600207X](https://doi.org/10.1017/S175173111600207X)

50. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножка М. А. Рослинництво : підручник / за ред. О. І. Зінченка. К. *Аграрна освіта*. 2001. С. 382 – 387.

51. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні: навч. посіб. Київ. *Основа*. 2008. С. 224 – 247.

52. Дрозд О. М. Технології вирощування льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 7. С. 24 – 26.
53. Калініна О. Ю., В. О. Лях. Вплив умов середовища на мінливість і успадкування ознак галушення стебла і висоти рослин ліній та гібридів F1 льону олійного. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих наук: зб. тез університетської наук.-практич. конф. студ. та молодих уч. Запоріжжя*. 2009. С. 24 – 32.
54. Bazzaz F. A., Harper J. L. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. *New Phytologist*. 1977. Vol. 78. № 1. P. 193 – 208.
55. Tejklova E., Czech J. Curly stem – an induced mutation in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Genet. Plant Breed.* 2002. № 3 – 4. P. 125 – 128.
56. Flenet F., M. Guerif, J. Boiffin, D. Dorvillez. The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *European Journal of Agronomy*. 2006. № 24. P. 367 – 373.
57. Лихочвор В.В., Петриненко В. Р. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів. НВФ. «Українські технології». 2006. 730 с.
58. Махова Т. В. Урожайність льону олійного в залежності від способів сівби та норм висіву. *Актуальні питання біології, селекції, технології обробітку та переробки олійних культур: зб. матер. 7-й міжнар. конф. молодих вчених та фахівців присвяченої 100-річчю з дня заснування ВНДІМК*. Дніпро. 2013. С. 150 – 154.
59. Масляний О. Вирощування льону олійного на півдні України. *Агроном*. 2005. № 2. С. 78 – 79.
60. Махова Т. В., Поляков О. І. Формування врожайності льону олійного сорту Ківіка під впливом строків сівби і норм висіву. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК : матер. всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених*. Житомир. 2015. С. 21 – 22.
61. Мороз О. М. Рід *Linum* L. флори України: короткий нарис історії досліджень. *Вісник Чернівецького університету*. 2004. Вип. 193. 126 с.

62. Інститут олійних культур НААН України. Наукові розробки. Реєстр сортів. URL: <http://imk.zp.ua/index.php/naukovi-rozrobky/reiestr-sortiv>
63. Krulićkova K., Pošvec Z., Griga M. Identification of flax and linseed cultivars by isozyme markers. *Biologia plantum*. 2002. Vol. 45. № 3. P. 327 – 336.
64. Волкодав В. В., Бариков Б. А., Животков Л. О. Довідник по апробації сільськогосподарських культур. Київ. *Урожай*. 1990. С. 241 – 245.
65. Meier U., Bleiholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Нев М., Lancashire P. D., Schnock U., Staub R, van den Boom T., Weber E., Zwerger P. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. *Journal fur kulturpflanzen*. 2009. № 61 (2). P. 41 – 52.
66. Біо-препарат Екориз. URL: <https://imv.org.ua/rozrobky/dlya-silskogo-gospodarstva/preparaty-dlya-roslynnnytva/ekoryz/>
67. Біологічний препарат Азотофіт-р. URL: <https://btu-center.com/azotofit-ks>
68. Азотофіксуючий біологічний препарат Азотофіт-р. URL: <https://zhyvazemlia.com/ua/td0034144-azotof-t-azotofit-ks-sc-b-oreparat-fasuvannya-0-5l-ua>
69. Фосфат-мобілізуєчий препарат Біофосфорин. URL: <https://enzim.shop/biofosforyn.html>
70. Фосфобактерин. URL: <https://imv.org.ua/rozrobky/dlya-silskogo-gospodarstva/preparaty-dlya-roslynnnytva/fosfobakteryn/>
71. Біо-гумат Живорост. URL: <https://rema.dp.ua/agro.html?id=0>
72. Гумат Натур Вітал Плюс. URL: [https://spectr-agro.com/naturvital-plus-\(naturvital-plus\)-1349.html](https://spectr-agro.com/naturvital-plus-(naturvital-plus)-1349.html)
73. Мікоризоутворюєчий біологічний препарат Міковітал. URL: <https://mikovital.ua/>
74. Екостерн Триходерма. URL: <https://btu-center.com/ecostern-trishoderma-ridkiy>
75. Препарат Аверком. URL: <https://imv.org.ua/rozrobky/dlya-silskogo-gospodarstva/preparaty-dlya-roslynnnytva/averkom/>

76. Ріст-стимулятор та антистресант рослин – Фітовіт. URL: <https://sontsedar.pp.ua/biopreparaty/fitovit/>
77. Гербіцид Агрітокс. URL: <https://nufarm.com/ua/product/agritoks/>
78. Гербіцид на льон. Альфа – Бентазон URL: <https://alfasmartagro.com/catalog/gerbitsidi/alfa-bentazon/>
79. Лонтрел гербіцид. URL: <https://lnzweb.com/product-p-ram-da-lontrel>
80. Селеніт Макс гербіцид. URL: <https://www.ukravit.ua/selenit-maks/>
81. Фюзілад форте. URL: <https://www.syngenta.ua/product/crop-protection/fyuzilad-forte-150-es-k-e>
82. Калініна О. Ю., Лях В. О. Генетичний контроль ознак габітусу в льону олійного. *Вісник Донецького національного університету*. 2008. № 2. С. 314 – 318.
83. Рудік О. Л. Особливості формування урожаю льону олійного залежно від терміну сівби та норми висіву в умовах Сухого Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 105 – 111.
84. ДСТУ 4967:2008. Насіння льону олійного для переробляння. Технічні умови.
85. Махно Ю. О., Дрозд І. Ф., Лях В. О., Левчук Г. М., Ніконова В. М., Левченко В. І. Вплив умов вирощування на якісний та кількісний склад олії різних сортів льону. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 52 – 61.
86. Raven J. A., Edwards, D. Roots: evolutionary origins and biogeochemical significance. *Journal of Experimental Botany*. 2001. № 52 P. 381 — 401. DOI: 10.1093/jexbot/52.suppl\_1.381
87. Rudik A. L. Ukraynanın quru çöl zonasında yağlı kətan bitkiləri tərəfindən bioloji kütlənin formalaşması və qida maddələrinin istehlakı. *AMEA-nın Xəbərləri (biologiya və tibb elmləri)*. 2017. Vol. 72. №1. P. 58-62.

88. Методика проведення експертизи сортів льону довгунця, олійного (низького, кудряшу) (*Linum usitatissimum* L., *L. humbli* Mill.) на відмінність, однорідність і стабільність, затверджена Наказом Державної служби з охорони прав на сорти рослин № 838 від 15.03.2012 р. URL: <http://www.sops.gov.ua>.

89. Сафонов Ю. М. Економічна ефективність вирощування і переробки льону олійного. *Агросвіт*. 2011. № 3. С. 24 – 26.

90. Хоміна В. Я. Агротехнологічне і теоретичне обґрунтування технологій вирощування лікарських і ефіроолійних ультру в умовах Лісостепу: монографія. Кам'янець-Подільський. 2015. 185 с.

91. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Особливості зонального розміщення посівів олійних культур в Україні та напрямки їх оптимізації. *Напрями розвитку сучасних систем землеробства: матер. міжнар. наук.-практич. інтернет-конф., присвяч. 110-річчю від дня народж. проф. С. Д. Лисогорова*. Херсон. 2013. С. 219 – 225.

92. Лотоцький О.В. Льон-кудряш в аспекті адаптації виробництва олійних культур до поточних кліматичних змін. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Одеса, 24 березня 2023 р.)*. Одеса: ІКОСГ НААН України. 2023. С. 141 – 143.

93. Національний науковий центр Інститут землеробства НААН України. URL: <https://www.zemlerobstvo.com>

94. Молоцький М. Я., Пасильківський В. С., Князюк В. І. Селекція і насінництво польових культур : практикум. Біла Церква. 2008. С. 9 – 17.

95. Поляков О. І., Нижегороденко В. М., Проценко К. С. Сортівні особливості формування врожайності олійного льону в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень ІОК УААН*. 2011. № 13. С. 83 – 87.

96. Єщенко В., Коваль С. Хто перед льоном. *Ukrainian Farmer*. 2012. №2. С. 80 – 82.

97. Шувар І. А. Наукові основи сівозмін інтенсивно-екологічного землеробства. Львів: *Каменяр*. 1998. 224 с.
98. Коротич П. В. Льон – ново перспектива в родині олійних. *Пропозиція*. 2006. №. 36 с.
99. Склярів С. В. Жирно-кислотний профіль та оксистабільність олії низьколіноленових сортоутворювачів льону олійного. *Олійні культури*. 2012. № 2. С. 91 – 93.
100. Вітковська Ю. С., Полякова І. О., Синяєва Н. П. Особливості проростання насіння льону олійного під впливом гіпотермічного стресу. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААНУ*. 2020. № 29. С. 56 – 66.
101. Слісарчук М. Ньюанси вирощування льону. *Farmer*. 2014. № 6. С. 70 – 71.
102. Беляков А. М., Буянкін В. І. Льон як альтернатива соняшнику. *Хімія, агрономія, сервіс*. 2012. № 10. С. 54 – 58.
103. Рудік О. Л. Сировинний потенціал льону олійного та перспективи його використання в медицині. *Таврійський науковий вісник*. 2016. № 96. С. 104 – 111.
104. Заєць С.О., Мельник М.А., Юзюк С.М., Онуфран Л.І. Водоспоживання льону олійного залежно від сорту та застосування мікробіологічних препаратів. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 79 – 88.
105. Рекомендації по вирощуванню льону олійного науково-практичні рекомендації. Запоріжжя. *Дніпропетровський металург*. 2012. 20 с.
106. Marambe H. K., Wanadsundara J. P. D. Protein from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). In: Nadathur, S. R., Wanasundara, J. P. D., Scanlin L. Sustainable protein sources. *Academics Press. Oxford. UK*. 2017. P. 133 – 144. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00008-1>
107. Liu J., Shim Y.Y., Tse T.J., Wang Y., Reaney M.J.T. Flaxseed gum a versatile natural hydrocolloid for food and non-food applications. *Trends in Food*

*Science & Technology*. 2018. № 75. P. 146 – 157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.011>

108. Заришняк А. С., Жилкін В. А., Мельник Ю. Ф. Методичні рекомендації щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських культур у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних зон України / за ред. М. Д. Безуглий. Київ. 2008. 44 с.

109. Todd G. W. Water deficits and ensimatic. Water deficits and plant grows. New York. London. *Acad. Press*. 1972. № 3. P. 177 – 216.

110. Проблеми і перспективи розвитку льонарства та коноплярства в Україні. *Матер. наук.-техн. конф. молодих вчених Ін-т луб'яних культур УААН*. Глухів. 2003. 92 с.

111. Калієвський М. В. Поживний режим ґрунту під посівами льону олійного за різних заходів і глибин основного обробітку. *Матеріали Всеукр. конф. молодих вчених*. Умань. 2017. С.76 – 78.

112. Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість. Київ. *Вища школа*. 1993. 287 с.

113. Дідора В. Г., Шеремет Ю. В. Продуктивність льону олійного Полісся України. Землеробство та захист рослин. *Журнал Інституту захисту рослин НАН України*. 2014. № 5. С. 69 – 71.

114. Пінчук Н. В., Вергелес П. М., Коваленко Т. М., Окрушко С. Є. Загальна фітопатологія: Навч. посіб. : за ред. Пінчук Н. В.: Вінниця. 2018. 272 с.

115. Рудік О.Л. Динаміка водного режиму ґрунту під час вирощування льону олійного на неполивних і зрошуваних землях півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 103. С. 117 – 123.

116. Грабак Н. Х. Організація сівозмін за різних умов господарювання. Основи ведення сільського господарства та охорона земель: навч. посіб. Київ: *Професіонал*. 2006. С 178 – 200.

117. Білявський Ю. А. Агроекологічна ефективність добрив та способів основного обробітку сірих опідзолених ґрунтів в умовах Полісся: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Київ. 2002. 18 с.

118. Калініна О. Ю. Вплив умов вирощування на прояв ознак габітусу в батьківських форм і гібридів льону олійного. *Сучасні проблеми екології: Збірник матеріалів першої міжнарод. конф. молодих вчених, (Запоріжжя, 28 – 30 вересня 2005р.)*. Запоріжжя. ЗНУ. 2005. С. 103 – 104.

119. Калієвський М. В. Поживний режим ґрунту під посівами льону олійного за різних заходів і глибин основного обробітку: матеріали Всеукр. конф. молодих вчених. Умань, 2017. С.76 – 78.

120. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури): монографія І. А. Шевченко та ін.; Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя. *Статус*. 2017. 44 с.

121. Малієнко А. М. Основні напрямки і наслідки досліджень з питань обробітку ґрунту в інституті землеробства. *Землеробство*. 1999. № 73. С. 35 – 43.

122. Калієвський М. В., Єщенко В. О. Акумуляція осінньо-зимових опадів та забезпеченність рослин льону олійного вологою за різних способів та глибин основного обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць УДАУ*. 2006. № 62. С. 28 – 37.

123. Нікітчин Д. І., Гуцаленко А. П., Ручка В. О. Вивчення елементів інтенсивної технології вирощування льону олійного на насіння в умовах півдня України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. Запоріжжя. 1997. № 2. С. 218 – 219.

124. Карташов С. Г., Городецький Е. Ю., Дудка В. С., Москалюк А. А. Вплив оптимальної щільності ґрунту для різних сільськогосподарських культур на врожайність. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2012. № 78. С. 22 – 27.

125. Нікітчин Д. І. Олійні культури. Запоріжжя. *АПК*. 2012. 255с.

126. Міщенко Л. Особливості вирощування льону олійного. *Олійно-жировий комплекс*. 2006. № 2. С. 40 – 41.
127. Поляков О. І. Агротехнічні і біокліматичні особливості формування урожайності і якості насіння соняшника, сої, льону олійного, кунжуту, рижю, молочаю олійного в південному Степу України : дис. доктор с.-г. наук : 06.01.09. Поляков Олександр Іванович. Запоріжжя. 2011. 428 с.
128. Адамень Ф.Ф., Лазер П.Н., Рудік О.Л., Патраков О.І. Вплив строків посіву та норми висіву на врожайність та водоспоживання льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 81. С. 14 – 18.
129. Ручка В.О. Вплив строків посіву та норм висіву на урожайність і якість насіння нових сортів льону олійного селекції ІОК Айсберг і Орфей. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012 № 17 С. 139 – 143.
130. Гобеляк Ю. М. Підвищення продуктивності льону олійного в умовах південного Степу України шляхом оптимізації агрозаходів посівного комплексу : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09. Херсон. 2008. 16 с.
131. Рудік О.Л. Формування урожаю льону олійного залежно від терміну посіву та норми висіву в зоні Сухого Степу України. *Таврійський науковий вісник*. № 95. С. 79 – 86.
132. Махова Т. В., Поляков О. І. Вплив агроприйомів вирощування на елементи продуктивності та врожайності льону олійного сорту Ківіка. *Науково-технічний бюлетень ІОК НААН*. 2013. № 18. С. 113 – 117.
133. Махова Т. В., Поляков О. І. Вплив агроприйомів вирощування на забур'яненість посівів та врожайність льону олійного в умовах Степу України. *Науково-технічний бюлетень ІОК НААН*. 2015. № 22. С. 110 – 118.
134. Романчук Т. В., Бережна А. М. Вплив строків сівби та норм висіву на продуктивність льону олійного. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих наук : зб. матер. II всеукр. наук.-практ.*

конф. Студентів та молодих вчених. (Запоріжжя 20 травня 2011 р.). Запоріжжя. 2011. С. 39 – 40.

135. Дрозд О. М. Продуктивність нових сортів льону-довгунця і льону олійного залежно від способів сівби та системи удобрення : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09. Київ 2005. 18 с.

136. Ващишин О. А., Біловус Г. Я., Яцух К. І., Пристацька О. Н., Дорота Г. М., Терешко Р. В. Стійкість сортів льону до фузаріозу в умовах Західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. № 68. С. 22 – 34. DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-2

137. Нікішенко В. Л., Малярчук М. П., Заєць С. О. Льон олійний. Технологія вирощування: наук.-метод. реком. Херсон: ВАТ «Херсонська міська друкарня» 2009. 12 с.

138. Препарат - протруйник Вінцит. URL: <https://www.summit-agro.com.ua/product/zagalnij-katalog-produktiv/vincit-050-sc-ks>

139. Протруйник Максим. URL: <https://www.syngenta.ua/product/crop-protection/maksim-025-fs-th>

140. Венцедор. URL: <https://alfasmartagro.com/catalog/protruynik/venczedor/>

141. Клондайк, препарат – протруйник насіння. URL: <https://alfasmartagro.com/catalog/protruynik/klondajk/>

142. Протруйник круїзер. URL: <https://www.syngenta.ua/product/crop-protection/kruyizer-350-fs-t-k-s>

143. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://www.minagro.gov.ua>.

144. Інститут олійних культур НААН України. URL: <http://www.imk.zp.ua/>

145. Національний науковий центр Інститут землеробства НААН України. URL: <https://www.zemlerobstvo.com/>

146. Товстановська Т. Г., Ніконова В. М., Лях В. О. Порівняльна характеристика сортів льону олійного за господарськими ознаками в умовах

Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 75 – 86.

147. Gubbels G. H., Bonner D. M., Kenaschuk E. O. Effect of swathing and desiccation time on seed yield and quality of flax. *Canadian Journal of Plant Science*. 1993. № 2. С. 397 – 404.

148. Хоміна В. Я., Тарасюк В. А. Агротехніка вирощування жирновмісних культур для потреб медицини. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. № 22. С. 84 – 88.

149. Шувар А. М., Войтович Р. М. Оцінка способів збирання льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 149 – 153.

150. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с.

151. Махова Т. В., Поляков О. І. Агроприйоми вирощування льону олійного сорту Ківіка в посушливих умовах півдня України. *Адаптація емлеробства до змін клімату – шлях підвищення ефективності функціонування сільського господарства: матер. Всеукр. наук.-практ. онлайн-конф.* Херсон. 2013. С. 43 – 44.

152. Махова Т. В., Поляков О. І. *Врожайність льону олійного харчового напрямку в залежності від способів збирання. Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України. Вісник Степу: наук. збір. матер. XI всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (до 100 річниці з Дня народження О. В. Гіталова)*. Кіровоград. 2015. № 12. С. 45 – 48.

153. ДСТУ 4811:2007. Насіння олійних культур. Методи визначення вологості. Київ. Держспоживстандарт України, 2008. 7 с.

154. Скорченко А. Ф., Карпець І. П., Ковальов В. Б. Основи ведення льонарства в сучасних умовах. Київ. *Норапрінт*. 2002. 48 с.

155. Ручка В. О. Вплив мінеральних добрив на продуктивність льону олійного. *Науково-технічний бюлетень. ІОК УААН*. 2004. № 9. С. 199 – 200.

156. 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.
157. Вожегова Р. А., Боровик В. А., Коновалова В. М. Урожайність і якість насіння сортів льону олійного в Південному Степу України залежно від різних умов вирощування. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3. С. 82 – 87.
158. Рудік О.Л., Заєць С.О., Онуфран Л.І. Особливості споживання елементів живлення льону олійного за різних умов вологозабезпечення в зоні Сухого Степу України. *Аграрні інновації*. 2020. № 1. С.69 – 73.
159. Біднина І.О. Ефективність удобрення льону олійного на темно-каштановому ґрунті Півдня України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 60 – 64.
160. Шваб С. Б., Мирончук В. П. Врожайність льону олійного залежно від норм висіву насіння та удобрення. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: «ЕКМО». 2007. № 79. С. 110 – 114.
161. Bainade S.P., Parlawar N.D., Korade S.B., Hivare V.S. Effect of sulphur on growth, yield and quality parameters of linseed (*Linum usitatissimum* L.) *J. Soils. Crops*. 2019. № 29. P. 136 – 139.
162. Вожегова Р. А., Нетіс І. Т., Онуфран Л. І., Сахацький Г. І., Шарата Н. Г. Зміна клімату та проблема аридизації Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 16 – 20.
163. Майданович Н., Сайдак Р., Книш В. Порівняльний аналіз частоти посушливих явищ на Півдні України за показниками SPI та ГТК. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2022. № 31. С. 137 – 144.
164. Чуприн О. В., Пономарьова М. С. Агротехнічні та економічні аспекти вирощування льону олійного як механізм забезпечення високоефективного агровиробництва. *КНЕУ. Вчені записки*. 2023. № 33. С. 315 – 322. DOI: [https://doi.org/10.33111/vz\\_kneu.33.23.04.29.201.207](https://doi.org/10.33111/vz_kneu.33.23.04.29.201.207).

165. Gorach O. O. Current state of production and prospects of the use of oily flax in the food industry. Intellectual and technological potential of the XXI century. *Monograph*. 2023. № 1. P. 41 – 59.

166. Hu Y., Tse T. J., Shim Y. Y., Purdy S. K., Kim Y. J., Meda V., Reaney M. J. Review of flaxseed lignan and the extraction and refinement of secoisolariciresinol diglucoside. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. Vol.64(15). P. 5057 – 5072. DOI: 10.1080/10408398.2022.2148627

167. Klein J., Zikeli S., Claupein W., Gruber S. Linseed (*Linum Usitatissimum*) as an Oil Crop in Organic Farming: Abiotic Impacts on Seed Ingredients and Yield. *Org. Agric*. 2016. № 7. P. 1 – 19.

168. Heller K., Wielgusz K. Yields of linseed cultivar Bukoz in organic and conventional farming. *J. Res Appl Agric Engng*. 2011. № 56 (3). P. 138 – 142.

169. Кривенко А. І. Вплив біологізованих технологій вирощування на якість зерна пшениці озимої при вирощуванні в умовах Південного Степу України. *Зрошене землеробство*. 2016. № 67. С. 127 – 131.

170. Сметанко О. В., Бурикiна С. І., Кривенко А. І. Вплив елементiв біологізації вирощування пшениці озимої на різних фонах мінерального живлення в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки: наук.-теоретичний журнал НААН*. 2018. Вип. 8 (785). С. 33 – 37.

171. Юркевич Є.О., Валентюк Н.О., Петренко С.О., Родіонов А.В., Грабовецька О.А. Ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні соняшнику кондитерського в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 118 – 125 DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.18>

172. Кривенко А. І. Напрями біологізації системи удобрення пшениці озимої у короткоротаційних сівозмінах Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України: науково-практичний журнал*. 2018. № 6 (76).

173. Чайковська Л.О., Баранська М.І., Овсієнко О.Л., Якубова Е.Р. Вплив фосфатмобілізувальних бактерій на активність мікрофлори темно-

каштанового ґрунту в ризосфері ячменю ярого. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. № 8. С. 40 – 51.

174. Писаренко П. В., Москалець В. В. Агроєкологічні особливості впливу мікробних препаратів на кількісні параметри якості зерна тритикале озимого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 1. С. 7 – 11

175. Степ'як Т. І. Фосформобілізуючі бактерії та їх роль у формуванні врожайності ріпаку озимого. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2010. № 52. С. 114 – 120.

176. Borzykh O., Sergiienko V., Tytova L., Biliavska L., Boroday V., Tkalenko G., Balan G. Potential of some bioagents in fungal diseases controlling and productivity enhancement of tomatoes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2022. Vol. 55(15). P. 1750 – 1765. DOI: 10.1080/03235408.2022.2116685

177. 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.

178. Imran A., Hakim S., Tariq M., Nawaz S., Laraib I., Gulzar U., Hanif M., Siddique M., Hayat M., Fraz A., Ahmad M. Diazotrophs for Lowering Nitrogen Pollution Crises: Looking Deep Into the Roots. *Front. Microbiol.* 2021. № 12. P. 1 – 18. DOI: 10.3389/fmicb.2021.637815

179. Dynarski K., Houlton B. Nutrient limitation of terrestrial free-living nitrogen fixation. *The New Phytologist*. 2018. № 217. P. 1050 – 1061. DOI: 10.1111/nph.14905

180. Compant S., Duffy B., Nowak J., Clément C., Barka E. A. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl. Environ. Microbiol.* 2024. № 71. P. 4951 – 4959.

181. Shumenova N., Nauanova A., Tleppayeva A., Ospanova S., Bekenova S. Effectiveness of microbial biofertilisers in oilseed flax cultivation technologies in the conditions of Northern Kazakhstan. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*. 2023. Vol. 18. № 2. P. 385 – 393. DOI: <https://doi.org/10.18280/ijдне.180216>.

182. Волкогон В. В., Москаленко А. М., Дімова С. Б., Волкогон К. І., Пиріг О. В., Сидоренко В. П. Мікробні препарати в технологіях вирощування сільськогосподарських культур як чинник регулювання активності процесу денітрифікації. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. № 29. С. 3 – 11. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997–3004.29.3–11>.

183. Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур В. А. Мікробіологічні препарати – складова органічного землеробства. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. № 7 (47). С. 11 – 16.

184. Козар С. Ф., Білоконська О. М., Кравченко Н. О. Біосинтез фітогормонів та вірулентність *Azotobacter Chroococcum* 2.1 – Інокулянта *Cucumis sativus* L. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. № 35. С. 17 – 27.

185. Velmourougane K., Prasanna R. Influence of L–amino acids on aggregation and biofilm formation in *Azotobacter chroococcum* and *Trichoderma viride*. *Journal of Applied Microbiology*. 2017. № 123. P. 977 – 991.

186. Гончар А. М., Пати́ка М. В. Вплив бактерій *Bacillus subtilis* на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. № 36. С. 28 – 35.

187. 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. *Збірник наукових праць УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого*. 2019. № 24. С. 296 – 301.

188. В'юнцов С. М. Формування продуктивності льону-довгунця залежно від застосування мікробного препарату Поліміксобактерин. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. № 1 (53). С. 125 – 131.
189. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дорота Г. М., Беген Л. Л., Тимчишин О. Ф., Тимків М. Ю. Особливості формування ефективних агроценозів льону олійного за органічного виробництва. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 6 (819). С. 34 – 41.
190. Nosevich M., Novokhatskaya D. Productivity different varieties of flax depending on the feeding area and inoculation biologics. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*. 2015. № 1, 2 (50). P. 286 – 294.
191. Корнута Ю. П. Ефективність біозасобів при вирощуванні льону довгунцю за різних погодних умов. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 7. С. 69 – 72.
192. 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. № 34. С. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34>.
193. Zaiets S., Melnyk M., Zhygailo T., Yuzyuk S., Kyryllov Y., Zhygailo O., Tytova L., Shevchuk N. Productivity of oilseed flax varieties with the use of microbiological preparations in the system of organic farming in southern Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26. P. 315 – 325.
194. Заєць С. О., Мельник М. А. Врожайність льону олійного залежно від агрометеорологічних умов року та застосування мікробіологічних препаратів. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 34 – 40.
195. Зелінський Ю. А. Вплив факторів вирощування на водоспоживання сортів льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 270 – 276.
196. Ситов В.М., Адаменко Т.І. Агрокліматичний довідник по Одеській області. Одеса. *Астропринт*. 2011. 210 с.

197. Середня багаторічна норма опадів та температури за місяцями з 2010 по 2022 рр. URL: [https:// meteopost.com.com](https://meteopost.com.com)
198. Guetsky, R., Shtienberg, D., Elad, Y., and Dinoor, A. Combining biocontrol agents to reduce the variability of biological control. *Phytopathology*. 2001. № 91. P. 621 – 627.
199. Grella M., Gioelli F., Marucco P., Zwertvaegher I., Mozzanini E., Pittarello M., Balsari P., Fountas S., Nuyttens D., Mezzalamaa M., Pugliesea M. Assessment of microbial biocontrol agent (BCA) viability to mechanical and thermal stress by simulating spray application conditions. *Pest Management Science*. 2023. № 79. P. 4423 – 4438.
200. Бараболя О. В., Колісник А. В. Вплив метеорологічних умов і мінерального живлення на врожайність льону олійного в умовах Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 3 – 10.
201. Метеорологічні показники за 2023–2025 рр. URL: [https:// meteoblue.com](https://meteoblue.com)
202. Андрющенко А. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур олійні, технічні, прядивні та кормові культури. Київ. Алефа. 2001. С. 44 – 50.
203. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В. В. Волкодав. Київ. 2000. 100 с.
204. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ. Дія. 2005. 288 с.
205. Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліджу. Зрошуване землеробство. Херсон. Грінь. 2014. 448 с.
206. ДСТУ ISO 17892-1:2021. Геотехнічні дослідження та випробування. Лабораторні випробування ґрунту. Частина 1. Визначення вмісту води (ISO 17892-1:2014, IDT).
207. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного азоту в модифікації ННДПА.

208. ДСТУ 4114-2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна.

209. Білявська Л. О., Іутинська Г. О., Скроцький С. О., Титова Л. В., Леонова Н. О., Хоменко Л. А., Лобода М. І., Рожкова Т. О., Василюк О. М. Визначення біологічної активності ґрунтів, постраждалих від воєнних дій. Методичні рекомендації. Київ: *АРТ-МІЛЛ*. 2023. 70 с.

210. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ. Держспоживстандарт України. 2004. 74 с.

211. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен (ISO 520:2010, IDT).

212. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костоґриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / За ред. Єщенка В. О. Вінниця. ПП «ГД «Едельвейс і К»». 2014. 332 с.

213. Біднина І. О. Приріст рослин у висоту та площа листової поверхні льону олійного залежно від умов живлення в зоні Степу України. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2006. № 46. С. 120 – 123.

214. ДСТУ 7911:2015. Добрива органічні та органо-мінеральні. Методи визначення сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту.

215. МВ 005-2019 (ГОСТ 26717-85). Добрива органічні. Метод визначення загального фосфору.

216. ДСТУ 7949:2015. Добрива органічні. Метод визначення масової частки загального калію.

217. ДСТУ 7258:2012. Хімічні реактиви. Методи готування розчинів для кислотно-лужного титрування та визначення їхньої молярної концентрації.

218. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держстандарт України. 2003. 173 с.

219. ДСТУ 13496.15-97. Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту сирого жиру. Зі Зміною № 1.
220. ДСТУ 30418-96. Олії рослинні. Метод визначення жирнокислотного складу.
221. Чабан В. Г. Економічна ефективність застосування добрив. Економіка. *АПК*. 1998. № 12. С. 33 – 34.
222. Аксьонов І. В., Мінковський А. Є., Станчевський В. К. Методичні рекомендації з біоенергетичної оцінки технології вирощування олійних просапних культур. Запоріжжя . ЗДУ. 2001. 35 с.
223. Сорти льону олійного. URL: <http://imk.zp.ua/index.php/kataloh-sortiv-ta-hibrydiv/lon-oliinyi/135-vodohray>
224. Заєць С. О., Мельник М. А., Юзюк С. М., Онуфран Л. І. Водоспоживання льону олійного залежно від сорту та застосування мікробіологічних препаратів. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 79 – 88.
225. Рудік О. Л. Агроєкологічне обґрунтування і розробка базисних елементів технології вирощування льону олійного подвійного використання в умовах Півдня України. Дисертаційна робота. Херсон. 2019. С. 127 – 131.
226. Юркевич Є. О., Щетінікова Л. А. Біологічна активність ґрунту під пшеницею озимою у різних ланках короткоротаційних сівозмін в умовах Придунайського Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. № 92. С. 11 – 18.
227. Біднина І. О. Приріст рослин у висоту та площа листової поверхні льону олійного залежно від умов живлення в зоні Степу України. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2006. № 46. С. 120 – 123.
228. Мирончук В. П. Продуктивність льону довгунця від норми висівання насіння. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства» УААН*. 2010. № 12. С. 114 – 117.

229. Козленко О. М. Продуктивність ярих олійних культур залежно від елементів технології вирощування правобережному Лістостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Київ, 2011. 22 с.
230. Вишнівська Ю. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність льону олійного. *Зб. наук. прац. «ННЦ Інститут землеробства НААН»*. 2013. № 1–2. С. 115 – 119.
231. Філіп'єв І. Д. Біднина І. О. Фотосинтетична діяльність рослин льону олійного залежно від фону живлення на Півдні України. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2009. № 51. С. 89 – 92.
232. Karpets, I. P., & Drozd, O. M. Quality of products of long-stalk flax and oil flax under the different methods of sowing and fertilization. *Visnyk ahrarnoi nauky Bulletin of Agricultural Science*. 2005. № 6. P. 21 – 24.
233. Оптасюк О. М., Коротченко І. А. Еколого-ценотична характеристика видів роду *Linum* L. *Український ботанічний журнал*. 2011. Т. 68. № 1. С. 64 – 75.
234. Сагачко Ю. М., Тешева Л. В. Інноваційна діяльність підприємств аграрного сектора як критерій ефективності його виробничо-господарського потенціалу. *Проблеми економіки*. 2020. № 4. С. 217 – 223.
235. Ільчук М., Свиноус І. Економічні аспекти інноваційної діяльності сільськогосподарських підприємств України. *Економічний дискурс*. 2023. № 3 – 4. С. 46 – 54.
236. Потапов А. В., Грабовський М.Б. Економічна та енергетична ефективність застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування гібридів буряків цукрових. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 42 – 51.
237. Юркевич Є. О. Енергетична ефективність вирощування олійних культур у сівозмінах залежно від попередників. *Вісник Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту*. 2011. № 2. С. 10 – 13.
238. Шаббір Г. Економічна й енергетична ефективність вирощування олійних культур родини капустяних залежно від застосування добрив в

умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2024. № 3. С. 99 – 107.

239. Вожегова Р.А., Рудік О.Л. Енергетичний аналіз технологій вирощування льону олійного в умовах півдня України за різних схем використання продукції. *Зрошуване землеробство*. 2018. № 70. С. 64 – 68.

**ДОДАТКИ**

**ТОВ «АРІСТА - АГРО»**

67654, Одеська обл., Одеський район, с. Маяки, вул. Богачова, буд. 86  
Код ЄДРПОУ 39951766

---

**АКТ**

**впровадження науково-технічної розробки у виробництво  
здобувача третього освітньо-наукового ступеня вищої освіти (доктора філософії),  
асистента кафедри польових і овочевих культур  
Одеського державного аграрного університету  
Лотоцького Олексія Всеволодовича**

*Назва розробки:* Впровадження в технологію вирощування льону олійного елементів біологізації азотного живлення в умовах господарства ТОВ «Аріста-Агро», Одеського району, Одеської області.


*Коротка характеристика розробки:* У 2024 – 2025 роках у господарстві ТОВ «Аріста-Агро» на площі посіву 46 га. було впроваджено технологію вирощування льону олійного. Згідно рекомендаціям автора перед посівом проводили обробку насіння біологічними препаратами азот-фіксуючої дії: Екориз (1л/т); Азотофіт-р (1л/т). Висівали сорт Водограй, нормою 6 млн./га. Збирання проводили прямим комбайнуванням при вологості насіння 10%.

*Результати впровадження:* Впровадження розробки використання препарату Екориз (1л/т) забезпечило урожайність 1,15 т/га у порівнянні із контролем 1,06 т/га. Чистий прибуток склав 19 120 грн; рентабельність 198% ; застосування препарату Азотофіт-р (1л/т) забезпечило урожайність 1,17 т/га у порівнянні із контролем 1,06 т/га. Чистий прибуток склав 19 620 грн; рентабельність 203%.

Директор  
ТОВ «АРІСТА-АГРО»



О. П. БОТНАРЬ

	<p style="text-align: center;"><b>ТОВ «АРИСТА АТ»</b></p> <p>Україна, 67640, Одеська область, Одеський район, село Градениці, провулок Миру, будинок 25, Код ЄДРПОУ 46006972, E-mail: <a href="mailto:arista_at@ukr.net">arista_at@ukr.net</a>, моб. телефон +38 (097) 354-38-05</p>
---	--

### АКТ

**впровадження науково-технічної розробки у виробництво  
здобувача третього освітньо-наукового ступеня вищої освіти (доктора філософії),  
асистента кафедри польових і овочевих культур  
Одеського державного аграрного університету  
Лотоцького Олексія Всеволодовича**

*Назва розробки:* Впровадження в технологію вирощування льону олійного елементів біологізації фосфорного живлення в умовах господарства ТОВ «Аріста АТ», Одеського району, Одеської області.

*Коротка характеристика розробки:* У 2025 році у господарстві ТОВ «Аріста АТ» на площі посіву 58 га було впроваджено технологію вирощування льону олійного. Згідно рекомендацій автора проводили основне внесення фосфорних добрив нормами P<sub>15</sub> та P<sub>30</sub> під зяблеву оранку на глибину 20-22 см. Перед посівом проводили інокуляцію насіння біологічним препаратом Біофосфорин (1л/т). Висівали сорт Водограй, нормою 6 млн./га., сівалкою Ніка 6, в оптимальні визначені терміни. Збирання проводили прямим комбайнуванням при вологості насіння 9%.

*Результати впровадження:* Впровадження розробки комбінованого використання P<sub>30+</sub> Біофосфорин (1л/т) забезпечило урожайність 1,19 т/га у порівнянні із контролем 1,03 т/га. Чистий прибуток склав 17 850 грн; рентабельність 150%; використання P<sub>15+</sub> Біофосфорин (1л/т) забезпечило урожайність 1,13 т/га у порівнянні із контролем 1,03 т/га. Чистий прибуток склав 17 450 грн; рентабельність 162%.

Директор ТОВ «АРИСТА АТ»  
діє на підставі Статуту  
БІБ МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ



**Агрометеорологічні умови в період вегетації льону олійного**

Місяць	Показник	Роки досліджень			Середньо-багаторічні показники
		2023	2024	2025	
Квітень	середньодобова t, °C	9,8	14,6	10,1	10
	сума опадів, мм	118	72	15	28
	продуктивні опади, мм	67	55	13	-
	ГТК	-	1,64	0,50	0,97
Травень	середньодобова t, °C	16,5	15,8	14,2	16,2
	сума опадів, мм	5	34	61	39
	продуктивні опади, мм	0	18	55	-
	ГТК	0,10	0,69	1,39	0,79
Червень	середньодобова t, °C	21,3	22,7	21,9	20,8
	сума опадів, мм	33	76	20	48
	продуктивні опади, мм	20	44	16	-
	ГТК	0,52	1,13	0,30	0,76
Липень	середньодобова t, °C	23,8	27,3	25,3	23,4
	сума опадів, мм	48	20	9	45
	продуктивні опади, мм	0	0	9	-
	ГТК	0,65	0,24	0,11	0,62

## Додаток В.1

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного залежно від застосування ріст-регулюючих та комплексних біологічних препаратів, діб (за 2023 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду							
	обробка насіння водою	Екориз+ Ендофіт	Аверком+ Фітофіт	Міковітал	Екостерн Триходерма	Живорост	Натур Вітал плюс	
Сівба – сходи	18	18	18	18	18	18	18	
Сходи – ялинка	9	9	9	9	9	9	9	
Ялинка – бутонізація	21	22	22	21	21	21	21	
Бутонізація – цвітіння	9	9	9	9	9	9	9	
Цвітіння – повна стиглість	48	48	48	48	48	48	48	
Сівба – повна стиглість	105	106	106	105	105	105	105	
Сходи – повна стиглість	87	88	88	87	87	87	87	

## Додаток В.2

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного залежно від застосування ріст-регулюючих та комплексних біологічних препаратів, діб (за 2024 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду						
	обробка насіння водою	Екориз+ Ендофіт	Аверком+ Фітофіт	Міковітал	Екостерн Триходерма	Живорост	Нагур Вітал плюс
Сівба – сходи	13	13	13	13	13	13	13
Сходи – ялинка	7	7	7	7	7	7	7
Ялинка – бутонізація	22	23	23	23	23	23	23
Бутонізація – цвітіння	10	11	11	11	11	10	10
Цвітіння – повна стиглість	49	49	49	49	49	49	49
Сівба – повна стиглість	101	103	103	103	103	102	102
Сходи – повна стиглість	88	90	90	90	90	89	89

## Додаток В.3

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного залежно від застосування ріст-регулюючих та комплексних біологічних препаратів, діб (за 2025 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду							
	обробка насіння водою	Екориз+ Ендофіт	Аверком+ Фітофіт	Міковітал	Екостерн Триходерма	Живорост	Натур Вітал плюс	
Сівба – сходи	15	15	15	15	15	15	15	
Сходи – ялинка	8	8	8	8	8	8	8	
Ялинка – бутонізація	23	25	24	24	24	24	24	
Бутонізація – цвітіння	12	13	12	12	12	12	12	
Цвітіння – повна стиглість	48	49	49	49	48	48	48	
Сівба – повна стиглість	106	110	108	108	107	107	107	
Сходи – повна стиглість	91	95	93	93	92	92	92	

## Додаток В.4

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації азотного живлення, діб (за 2023 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду					
	обробка насіння водою	Азотофіт	Екориз	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub>
Сівба – сходи	18	18	18	18	18	18
Сходи – ялинка	9	9	9	9	9	9
Ялинка – бутонізація	21	21	21	22	23	23
Бутонізація – цвітіння	9	9	9	9	9	9
Цвітіння – повна стиглість	48	48	48	48	48	48
Сівба – повна стиглість	105	105	105	106	107	107
Сходи – повна стиглість	87	87	87	88	89	89

## Додаток В.5

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації азотного живлення, діб (за 2024 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду					
	обробка насіння водою	Азотофіт	Екориз	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub>
Сівба – сходи	13	13	13	13	13	13
Сходи – ялинка	7	7	7	7	7	7
Ялинка – бутонізація	22	23	23	23	24	24
Бутонізація – цвітіння	10	11	11	10	11	11
Цвітіння – повна стиглість	49	49	49	49	49	49
Сівба – повна стиглість	101	103	103	102	104	104
Сходи – повна стиглість	88	90	90	89	91	91

## Додаток В.6

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації азотного живлення, діб (за 2025 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти дослідів					
	обробка насіння водою	Азотофіт	Екориз	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>45</sub>
Сівба – сходи	15	15	15	15	15	15
Сходи – ялинка	8	8	8	8	8	8
Ялинка – бутонізація	23	24	24	23	25	25
Бутонізація – цвітіння	12	12	12	12	13	13
Цвітіння – повна стиглість	48	49	49	48	49	50
Сівба – повна стиглість	106	108	108	106	110	111
Сходи – повна стиглість	91	93	93	91	95	96

## Додаток В.7

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації фосфорного живлення, діб (за 2023 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду					
	обробка насіння водою	P <sub>15</sub>	P <sub>30</sub>	Біофосфорин	Біофосфорин + P <sub>15</sub>	Біофосфорин + P <sub>30</sub>
Сівба – сходи	18	18	18	18	18	18
Сходи – ялинка	9	9	9	9	9	9
Ялинка – бутонізація	21	21	21	21	21	22
Бутонізація – цвітіння	9	9	9	9	9	9
Цвітіння – повна стиглість	48	48	48	48	48	48
Сівба – повна стиглість	105	105	105	105	105	106
Сходи – повна стиглість	87	87	87	87	87	88

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації фосфорного живлення, діб (за 2024 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліді					
	обробка насіння водою	P <sub>15</sub>	P <sub>30</sub>	Біофосфорин	Біофосфорин + P <sub>15</sub>	Біофосфорин + P <sub>30</sub>
Сівба – сходи	13	13	13	13	13	13
Сходи – ялинка	7	7	7	7	7	7
Ялинка – бутонізація	22	22	23	23	23	23
Бутонізація – цвітіння	10	10	10	10	10	11
Цвітіння – повна стиглість	49	49	49	49	49	49
Сівба – повна стиглість	101	101	102	102	102	103
Сходи – повна стиглість	88	88	89	89	89	90

## Додаток В.9

**Тривалість міжфазних періодів льону олійного у досліді із біологізації фосфорного живлення, діб (за 2025 р.)**

Міжфазні періоди	Варіанти досліду					
	обробка насіння водою	P <sub>15</sub>	P <sub>30</sub>	Біофосфорин	Біофосфорин + P <sub>15</sub>	Біофосфорин + P <sub>30</sub>
Сівба – сходи	15	15	15	15	15	15
Сходи – ялинка	8	8	8	8	8	8
Ялинка – бутонізація	23	24	24	24	24	24
Бутонізація – цвітіння	12	12	12	12	12	12
Цвітіння – повна стиглість	48	48	49	48	48	49
Сівба – повна стиглість	106	107	108	107	107	108
Сходи – повна стиглість	91	92	93	92	92	93

## Додаток Г.1

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від використання біо-препаратів, (за 2023 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин з рослини, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	5,86	5,01	29,36	5,72	0,17
Екориз + Ендофіт	5,89	5,26	30,98	5,73	0,18
Аверком-н + Фітофіт	5,93	5,38	31,90	5,71	0,18
Міковітал	5,83	5,35	31,19	5,52	0,17
Екостерн Триходерма	5,80	5,32	30,86	5,71	0,18
Живорост	5,91	5,26	31,09	5,64	0,18
Натур Вітал плюс	5,87	5,34	31,35	5,66	0,18
НІР <sub>05</sub>	0,30	0,24	0,71	0,34	0,01

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від використання біо-препаратів, (за 2024 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці , шт.	коробочо к з рослини, шт.	насінин з рослини, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,21	4,98	30,93	6,03	0,19
Екориз + Ендофіт	6,71	5,51	36,97	6,37	0,24
Аверком-н + Фітофіт	6,62	5,49	36,34	6,18	0,22
Міковітал	6,91	5,53	38,21	5,84	0,22
Екостерн Триходерма	6,72	5,35	35,95	6,28	0,23
Живорост	6,81	5,29	36,02	6,04	0,22
Натур Вітал плюс	6,89	5,31	36,59	5,85	0,21
НІР <sub>05</sub>	0,46	0,27	0,98	0,27	0,01

Додаток Г.3

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від використання біо-препаратів, (за 2025 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці , шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин з рослини, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,85	5,22	35,76	5,87	0,21
Екориз + Ендофіт	7,02	5,81	40,79	5,89	0,24
Аверком-н + Фітофіт	7,08	5,71	40,43	5,91	0,24
Міковітал	7,14	5,74	40,98	5,84	0,24
Екостерн Триходерма	7,11	5,7	40,53	5,96	0,24
Живорост	7,05	5,63	39,69	5,86	0,23
Натур Вітал плюс	7,09	5,65	40,06	5,93	0,24
НІР <sub>05</sub>	0,39	0,30	1,00	0,38	0,02

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від заходів оптимізації азотного живлення, (за 2023 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,47	4,62	29,89	5,62	0,17
Азотофіт-р	6,62	4,99	33,03	5,61	0,19
Екориз	6,51	5,05	32,88	5,65	0,19
N <sub>15</sub>	6,42	4,97	31,91	5,59	0,18
N <sub>30</sub>	6,64	5,22	34,66	5,78	0,20
N <sub>45</sub>	6,59	5,76	37,96	5,83	0,22
НІР <sub>05</sub>	0,48	0,33	1,05	0,36	0,01

Додаток Г.5

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від заходів оптимізації азотного живлення, (за 2024 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці , шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,11	5,01	30,61	5,99	0,18
Азотофіт-р	6,58	5,59	36,78	6,17	0,23
Екориз	6,61	5,48	36,22	6,03	0,22
N <sub>15</sub>	6,22	5,42	33,71	6,01	0,20
N <sub>30</sub>	6,52	5,71	37,23	6,26	0,23
N <sub>45</sub>	6,65	5,97	39,70	6,38	0,25
НІР <sub>05</sub>	0,33	0,19	1,21	0,31	0,02

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від заходів оптимізації азотного живлення, (за 2025 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці , шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,31	5,45	34,39	6,45	0,22
Азотофіт-р	6,74	5,79	39,02	6,48	0,25
Екориз	6,63	5,84	38,72	6,44	0,25
N <sub>15</sub>	6,61	5,82	38,47	6,38	0,25
N <sub>30</sub>	6,75	5,91	39,89	6,59	0,26
N <sub>45</sub>	6,81	6,01	40,93	6,83	0,28
НІР <sub>05</sub>	0,24	0,24	0,95	0,28	0,02

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від заходів оптимізації фосфорного живлення, (за 2023 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці , шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,31	5,45	34,39	6,45	0,22
Азотофіт-р	6,74	5,79	39,02	6,48	0,25
Екориз	6,63	5,84	38,72	6,44	0,25
N <sub>15</sub>	6,61	5,82	38,47	6,38	0,25
N <sub>30</sub>	6,75	5,91	39,89	6,59	0,26
N <sub>45</sub>	6,81	6,01	40,93	6,83	0,28
НІР <sub>05</sub>	0,24	0,24	0,95	0,28	0,02

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від заходів оптимізації фосфорного живлення, (за 2024 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,01	5,07	30,47	5,91	0,18
P <sub>15</sub>	6,22	5,11	31,78	5,97	0,19
P <sub>30</sub>	6,53	5,64	36,83	6,08	0,22
Біофосфорин	6,32	5,12	32,36	6,01	0,19
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	6,81	5,26	35,82	6,33	0,23
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	6,82	5,35	36,49	6,35	0,23
НІР <sub>05</sub>	0,33	0,26	1,15	0,29	0,015

**Елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного в залежності від заходів оптимізації фосфорного живлення, (за 2025 р.)**

Біологічні препарати	Структура урожаю льону олійного				
	кількість			маса	
	насінин в коробочці, шт.	коробочок з рослини, шт.	насінин в рослині, шт.	1000 насінин, г.	насінин з рослини, г.
Обробка насіння водою	6,53	5,47	35,72	6,43	0,23
P <sub>15</sub>	6,54	5,59	36,56	6,55	0,24
P <sub>30</sub>	6,62	5,77	38,20	6,68	0,26
Біофосфорин	6,56	5,66	37,13	6,58	0,24
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	6,62	5,78	38,26	6,62	0,25
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	6,73	5,98	40,25	6,69	0,27
НІР <sub>05</sub>	0,29	0,25	1,10	0,32	0,015

## Додаток Д.1

**Урожайність насіння льону олійного залежно від обробки насіння біологічними препаратами, ц/га (за 2023–2025 рр.)**

Варіант	Урожайність, ц/га			
	2023 рік	2024 рік	2025 рік	середня за роки дослідження
Обробка насіння водою	7,34	8,43	10,79	8,85
Екориз + Ендофіт	7,81	10,69	11,94	10,15
Аверком-н + Фітофіт	7,74	10,72	11,58	10,01
Міковітал	7,36	10,19	11,73	9,76
Екостерн Триходерма	7,48	10,41	11,43	9,77
Живорост	7,45	9,37	11,49	9,44
Натур Вітал плюс	7,51	9,24	11,52	9,42
НІР <sub>05</sub> , ц/га	0,35	0,58	0,52	0,29

## Додаток Д.2

**Урожайність насіння льону олійного залежно від застосування азот-фіксуєчих препаратів та азотних добрив, ц/га (за 2023–2025 рр.)**

Варіант	Урожайність льону олійного, ц/га			
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє
Обробка насіння водою	7,36	8,55	10,85	8,92
Азотофіт-р	7,72	10,22	11,65	9,86
Екориз	7,67	9,92	11,53	9,71
N <sub>15</sub>	7,92	9,44	11,14	9,50
N <sub>30</sub>	8,87	10,60	11,92	10,46
N <sub>45</sub>	9,67	11,63	12,77	11,36
НІР 0,5	0,28	0,42	0,47	0,23

## Додаток Д.3

**Урожайність насіння льону олійного залежно від заходів оптимізації фосфорного живлення, ц/га (за 2023–2025 рр.)**

Варіант	Урожайність, ц/га			
	2023 рік	2024 рік	2025 рік	середнє
Обробка насіння водою	7,42	8,47	10,68	8,86
P <sub>15</sub>	7,77	8,97	11,37	9,37
P <sub>30</sub>	7,81	9,78	11,50	9,70
Біофосфорин	7,54	9,41	11,41	9,45
P <sub>15</sub> + Біофосфорин	7,85	9,73	11,45	9,68
P <sub>30</sub> + Біофосфорин	7,95	9,84	11,57	9,79
НІР 0,5	0,40	0,37	0,49	0,25

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ****Статті у наукових фахових виданнях України**

1. Рудік О. Л., **Лотоцький О. В.** Перспективи застосування біопрепаратів у технології вирощування льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. С. 68 – 75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.10> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

3. Рудік О. Л., **Лотоцький О. В.** Вплив біологічних препаратів на урожайність льону олійного в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145. Частина 2. С. 64 – 72. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.8> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, отримання та аналіз експериментальних даних; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

3. Рудік О. Л., **Лотоцький О. В.** Оцінка заходів біологізації азотного живлення льону олійного в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 234 – 240. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.39> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

4. Рудік О. Л., **Лотоцький О. В.** Обґрунтування заходів біологізації фосфорного живлення льону олійного в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. № 107. Частина 1. С. 538 – 548. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-107-1-538-548](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-107-1-538-548) (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання

наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

### **Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

5. Рудік О. Л., Лотоцький О. В. Агробіологічні передумови ефективного вирощування льону олійного. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодовоовочевої продукції. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції.* (м. Миколаїв, 15-16 березня 2023р.). Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 17 – 18. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

6. Лотоцький О. В. Льон-кудряш в аспекті адаптації виробництва олійних культур до поточних кліматичних змін. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції.* (м. Одеса, 24 березня 2023 р.). Одеса: ІКОСГ НААН України, 2023. С. 141 – 143.

7. Лотоцький О. В. Біологізація технології вирощування льону олійного. *Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні.* (м. Одеса 19 травня 2023 р.). Одеса: ІКОСГ НААН України, 2023. С. 52 – 54.

8. Лотоцький О. В. Застосування біо-препаратів у технології вирощування льону олійного, як можливість скорочення використання мінеральних добрив. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців.* (м. Одеса, 9-10 листопада 2023 р.). Одеса: ОДАУ, 2023. С. 451 – 453.

9. **Лотоцький О. В.** Передумови та перспективи органічного вирощування льону олійного в Україні. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених.* (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 97 – 99.

10. Куліджанов Е. В., **Лотоцький О. В.** Вплив біо-препаратів на енергію проростання та схожість насіння льону олійного. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців.* (м.Одеса, 24 - 25 жовтня 2024 р.). Одеса : ОДАУ, 2024. С. 392 – 394. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Куліджанов Е.В. – 30 % підготовка матеріалу).

11. **Lototskyi O. V.** The influence of bio preparations on formation root system of oily flax in laboratory conditions. *Аграрна наука: стан та перспективи розвитку. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Одеса, 28-29 листопада 2024 р.). Одеса: ОДАУ, 2024. С. 36 – 39.

12. Куліджанов Е. В., **Лотоцький О. В.** Вплив біо-препаратів на енергію проростання, схожість насіння та довжину кореня льону олійного. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвячена до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції.* (сmt. Хлібодарське, 28 березня 2025 р.). Хлібодарське: ОДСДС ІКОСГ НААН України, 2025. С. 127 – 131. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Куліджанов Е.В. – 30 % підготовка матеріалу).

13. Куліджанов Е. В., Лотоцький О. В. Продуктивність льону олійного в залежності від застосування азот-фіксуючих та фосфат-мобілізуючих бактерій. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців.* (м.Одеса, 2 жовтня 2025 р.). Одеса: ОДАУ, 2025. С. 343 – 345. (Особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи; внесок Куліджанов Е.В. – 30 % підготовка матеріалу).