

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Міністерство освіти і науки України

УДК: 633/635, 68, 68.35.05, 68.35.31

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Олійник Юрій Анатолійович

ДИСЕРТАЦІЯ

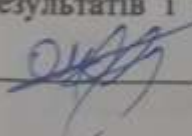
ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Спеціальність: 201 – Агрономія

20 – аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

 Ю.А. ОЛІЙНИК

Науковий керівник – Хоміна Вероніка Ярославівна,
доктор сільськогосподарських наук, професор,

Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	13
Розділ 1. ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ВІД ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ (Огляд літератури)	20
1.1. Історичне значення та біохімічний потенціал сої	23
1.2. Азотфіксуючий потенціал сої та його агрономічне значення	30
1.3. Сортові особливості як фактор формування продуктивності сої	37
1.4. Технологічні фактори – важливі чинники на шляху до стабільної урожайності сої	46
Висновки до розділу 1	46
Розділ 2. ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
2.1. Кліматичні умови	47
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень	50
2.3. Характеристика ґрунтових умов дослідного поля	58
2.4. Схема і методологія досліджень	59
Висновки до розділу 2	66
Розділ 3. ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ТА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ	67
3.1. Морфометричні показники сої	67
3.2. Площа листкової поверхні рослин сої	79
3.3. Фотосинтетичний потенціал агроценозу сої	84
Висновки до розділу 3	89

**Розділ 4. ОЦІНКА ВРОЖАЙНОСТІ ТА БІОХІМІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ
ВИРОЩУВАННЯ**

4.1. Урожайність зерна сої	91
4.2. Показники якості зерна сої	87
4.2.1. Вміст білка в зерні сої	103
4.2.2. Вміст олії в зерні сої	103
4.2.3. Маса 1000 зерен сої	107
Висновки до розділу 4	108
	109

**Розділ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКИ
ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ СІВБИ
ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ**

5.1. Економічна ефективність	112
5.2. Енергетична оцінка	112
Висновки до розділу 5	118
	122

ВИСНОВКИ	125
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	128
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	129
ДОДАТКИ	151

АНОТАЦІЯ

Олійник Ю.А. Оптимізація комплексу технологічних та біологічних факторів при вирощуванні сої в умовах Лісостепу західного – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» – Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Кам'янець-Подільський, 2026.

Актуальність теми полягає в обґрунтуванні доцільності вивчення агротехнічних і біологічних факторів при вирощуванні сої в умовах Лісостепу західного у зв'язку із динамічними кліматичними змінами, зокрема тенденцією до підвищення середньорічних температур та нерівномірного розподілу опадів протягом вегетаційного періоду. За таких умов реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів сої різних груп стиглості безпосередньо залежить від оптимізації елементів технології їх вирощування. Серед цих елементів ключове місце належить способам сівби та нормам висіву насіння, оскільки саме вони визначають архітектуру посіву, площу живлення рослин, ефективність використання вологи, поживних речовин та сонячної інсоляції.

Традиційний широкорядний спосіб сівби сої не завжди дозволяє максимально ефективно використовувати вегетаційний простір та стримувати ріст бур'янів на ранніх етапах. Водночас усе більшої популярності набувають інноваційні технології, зокрема сівба за типом twin row (здвоєні рядки). Цей метод поєднує переваги широкорядного способу із більш рівномірним розподілом насіння по площі, що зменшує внутрішньовидову конкуренцію між рослинами. Проте, ефективність впровадження технології twin row та оптимізація норм висіву залишаються дискусійними і суттєво залежать від біологічних особливостей сортів сої різних груп стиглості, які мають різний тип галуження, тривалість вегетації та вимоги до умов довкілля. Комплексне вивчення взаємодії факторів «сорт – спосіб сівби – норма висіву» в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є

недостатньо висвітленим у науковій літературі та потребує детального дослідження.

Таким чином, оптимізація параметрів сівби (широкорядного та за типом twin row) і норм висіву насіння для різностиглих сортів сої з метою формування максимального врожаю високої якості є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого дозволить підвищити рентабельність виробництва цієї культури.

Мета досліджень полягала у встановленні впливу способу сівби і норми висіву насіння на ріст, розвиток, урожайність та якість зерна різностиглих сортів сої при вирощуванні в умовах Лісостепу західного.

Дослідження виконувались упродовж 2023-2025 років на базі дослідного поля навчально-виробничої лабораторії рослинництва Відокремленого структурного підрозділу «Новоушицький фаховий коледж Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Схемою досліджень передбачено виконання трифакторного дослід: Фактор А – сорт (Моцард (ультраранній), Сяйво (середньоранній), Сенсор (середньостиглий); фактор В – спосіб сівби: широкорядний (45 см), twin row або двострічковий (19×38 см); фактор С – норма висіву насіння (400, 500, 600, 700 тис. насінин / га). За контроль взято сортостандарт Моравія (середньостиглий), спосіб сівби – широкорядний (45 см), норма висіву насіння – 500 тис. насінин / га.

На основі проведених досліджень комплексно оцінено дію способів сівби та норм висіву насіння на формування біометричних параметрів різностиглих сортів сої. Встановлено особливості розвитку асиміляційної поверхні рослин та інтенсивність фотосинтетичних процесів в агроценозі залежно від досліджуваних чинників, а також розраховано кореляційні залежності між ними. Визначено рівень урожайності, вміст сирого білка та олії в зерні сої під впливом експериментальних факторів. На завершення обґрунтовано економічну та енергетичну ефективність розроблених елементів технології вирощування сої для умов конкретного регіону.

В результаті виконаних спостережень встановлено, що сорт, спосіб сівби та норма висіву насіння впливали на формування морфометричних показників сої. Максимально високорослі рослини та висота прикріплення нижнього бобу були у сорту сої Сенсор. Найбільш комфортні умови для формування оптимальної кількості бобів 36,7 штук склались за сівби двострічковим способом (за типом twin row) нормою висіву насіння 500 тис. шт/га. Оптимальною площею асиміляційної поверхні та фотосинтетичним потенціалом характеризувався середньостиглий сорт Сенсор, значення були відповідно: в межах 52,4-56,3 тис. м²/га та 2,26-2,44 млн м² × днів/га. Оптимальні показники були на варіанті способу сівби за типом twin row нормою висіву насіння 500 тис. шт/га.

Дослідженнями встановлено, що урожайність сої у всіх досліджуваних сортів була вищою за сівби двострічковим способом за типом twin row з нормами висіву для сортів: Моцарт та Сяйво – 700 тис. шт/га, а Сенсор – 500 тис. шт/га, з показниками відповідно: 3,13; 4,22 та 4,40 т/га. Середньоранній сорт сої Сяйво та середньостиглий сорт Сенсор виявились більш урожайні з показниками в межах 2,5-4,4 т/га, що істотно перевищувало ультра ранній сорт Моцарт та перевищували сортостандарт, що взято за контроль, на 0,2-1,1 т/га. Відхилення від контролю залежно від варіанту досліду були в межах -0,8-0,1.

При визначенні впливу способу сівби і норми висіву насіння на вміст білка та олії в зерні досліджуваних сортів сої, встановлено, що у сорту Моцарт найвищий вміст білка 38,4 % був за норми висіву насіння 700 тис. шт/га; у сорту Сяйво максимальний вміст білка 39,3 % був за норми висіву насіння 600 тис. шт/га; у Сорту Сенсор – 42,9 % за норми висіву насіння 500 тис. шт/га. Оптимальним вмістом олії 22,8 % характеризувався сорт Сенсор за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт / га, а також сорт Сяйво (22,6 %) за сівби цим же способом нормою висіву насіння 700 тис. шт / га. Оптимальною масою 1000 зерен –

180 грам характеризувався сорт Сяйво за сівби способом twin row (19×38 см) нормою висіву 500 тис. шт / га.

Розрахунки економічної ефективності свідчать, що рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні 26-157%. Найбільший рівень рентабельності 132 та 157% отримано у сорту Сяйво за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 600 тис. шт /га та у сорту Сенсор за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. шт /га відповідно.

Розрахунками енергетичної ефективності вирощування сої встановлено істотну різницю за енергетичними показниками залежно від сорту, способу сівби та норми висіву насіння. Оптимальними енергетичними показниками характеризувався сорт Сенсор, вихід валової енергії при вирощуванні цього сорту становив 51,19-64,19 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – в межах 3,57-4,53, що перевищувало контроль на 0,25-1,21. Коефіцієнт енергетичної ефективності сорту сої Сяйво коливався залежно від способу сівби та норми висіву насіння і був в межах 2,59-4,18. Оптимальний Кее вирощування сої сорту Сяйво 4,18 був на варіанті сівби за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га.

Ключові слова: соя, сорт, група стиглості, спосіб сівби, норма висіву насіння, біометричні показники, площа листків, фотосинтетичний потенціал, урожайність зерна, вміст білка, вміст олії, маса 1000 зерен, економічні показники, енергетична ефективність.

ABSTRACT

Oliinyk Yu. A. Optimization of the complex of technological and biological factors in soybean cultivation under the conditions of the Western Forest-Steppe – Qualifying scientific work on the rights of manuscript. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 «Agronomy» – Higher Education Institution "Podillia State University", Kamianets-Podilskyi, 2026.

The relevance of the topic lies in substantiating the expediency of studying agrotechnical and biological factors in soybean cultivation under the conditions of the Western Forest-Steppe due to dynamic climate changes, particularly the trend toward increasing average annual temperatures and uneven distribution of precipitation during the growing season. Under such conditions, the realization of the genetic potential of modern soybean varieties of different maturity groups directly depends on the optimization of elements of their cultivation technology. Among these elements, a key place belongs to sowing methods and seeding rates, as they determine the crop architecture, plant feeding area, and efficiency of moisture, nutrients, and solar insolation utilization.

The traditional wide-row method of soybean sowing does not always allow for the most efficient use of vegetative space and the suppression of weed growth in the early stages. At the same time, innovative technologies are gaining popularity, particularly twin-row sowing. This method combines the advantages of the wide-row method with a more uniform distribution of seeds across the area, which reduces intra-specific competition between plants. However, the efficiency of implementing twin-row technology and the optimization of seeding rates remain debatable and significantly depend on the biological characteristics of soybean varieties of different maturity groups, which have different branching types, vegetation periods, and environmental requirements. A comprehensive study of the interaction among the factors «variety – sowing method – seeding rate» in specific soil and climatic conditions is insufficiently covered in the scientific literature and requires detailed investigation.

Thus, optimizing sowing parameters (wide-row and twin-row type) and seed seeding rates for soybean varieties of different maturity groups to form the maximum yield of high quality is an urgent scientific and practical task, the solution of which will increase the profitability of producing this crop.

The aim of the research was to determine the impact of the sowing method and seed seeding rate on the growth, development, yield, and grain quality of

soybean varieties of different maturity groups grown under the conditions of the Western Forest-Steppe.

The research was conducted during 2023–2025 at the experimental field of the educational and production laboratory of crop production of the Separate Structural Unit «Nova Ushytsia Technical College of Higher Education Institution «Podillia State University».

The research design involved a three-factor experiment: Factor A – variety (Mozard (ultra-early), Siaivo (medium-early), Sensor (mid-season); Factor B – sowing method: wide-row (45 cm), twin-row or double-line (19×38 cm); Factor C – seed seeding rate (400, 500, 600, 700 thousand seeds / ha). The variety standard Moraviia (mid-season) with a wide-row sowing method (45 cm) and a seed seeding rate of 500 thousand seeds / ha was used as a control.

Based on the conducted research, a comprehensive evaluation of the effect of sowing methods and seed seeding rates on the formation of biometric parameters of soybean varieties of different maturity groups was carried out. The features of the development of the plant assimilation surface and the intensity of photosynthetic processes in the agroecosystem depending on the studied factors were established, and the correlation dependencies between them were calculated. The yield level, crude protein, and oil content in soybean grain under the influence of experimental factors were determined. In conclusion, the economic and energy efficiency of the developed elements of soybean cultivation technology for the conditions of the specific region was substantiated.

As a result of the conducted observations, it was established that the variety, sowing method, and seed seeding rate influenced the formation of morphometric indicators of soybeans. The maximum plant height and the height of the lower pod attachment were observed in the soybean variety Sensor. The most comfortable conditions for the formation of the optimal number of pods (36.7 pieces) were achieved with the double-line sowing method (twin-row type) at a seed seeding rate of 500 thousand seeds / ha. The mid-season variety Sensor was characterized by the optimal assimilation surface area and photosynthetic potential, with values

ranging within 52.4–56.3 thousand m^2/ha and 2.26–2.44 million $\text{m}^2 \times \text{days}/\text{ha}$, respectively. The optimal indicators were recorded in the variant with the twin-row sowing method and a seed seeding rate of 500 thousand seeds / ha.

The research established that the soybean yield in all studied varieties was higher when using the double-line sowing method of the twin-row type with the following seeding rates: 700 thousand seeds / ha for the varieties Mozard and Siaivo, and 500 thousand seeds / ha for the variety Sensor, with yields reaching 3.13, 4.22, and 4.40 t/ha, respectively. The medium-early soybean variety Siaivo and the mid-season variety Sensor proved to be more productive, with yields ranging within 2.5–4.4 t/ha, which significantly exceeded the ultra-early variety Mozard and surpassed the variety standard used as a control by 0.2–1.1 t/ha. Deviations from the control, depending on the experimental variant, ranged within -0.8–0.1 t/ha.

When determining the impact of the sowing method and seed seeding rate on the protein and oil content in the grain of the studied soybean varieties, it was found that the variety Mozard had the highest protein content of 38.4% at a seed seeding rate of 700 thousand seeds / ha; the variety Siaivo reached its maximum protein content of 39.3% at a seed seeding rate of 600 thousand seeds / ha; and the variety Sensor reached 42.9% at a seed seeding rate of 500 thousand seeds / ha. The variety Sensor was characterized by the optimal oil content of 22.8% under the double-line sowing method with a seed seeding rate of 500 thousand seeds / ha, as well as the variety Siaivo (22.6%) under the same sowing method with a seed seeding rate of 700 thousand seeds / ha. The variety Siaivo was characterized by the optimal 1000-grain weight of 180 grams under the twin-row sowing method (19×38 cm) with a seeding rate of 500 thousand seeds / ha.

Calculations of economic efficiency indicate that the profitability level of soybean cultivation fluctuated within a fairly wide range of 26–157%. The highest profitability levels of 132% and 157% were obtained for the variety Siaivo under twin-row sowing (19×38 cm) with a seed seeding rate of 600 thousand seeds / ha,

and for the variety Sensor under twin-row sowing (19×38 cm) with a seed seeding rate of 500 thousand seeds / ha, respectively.

Calculations of the energy efficiency of soybean cultivation established a significant difference in energy indicators depending on the variety, sowing method, and seed seeding rate. The variety Sensor was characterized by optimal energy indicators; the gross energy yield in the cultivation of this variety amounted to 51.19–64.19 GJ/ha, and the energy efficiency coefficient ranged within 3.57–4.53, which exceeded the control by 0.25–1.21. The energy efficiency coefficient of the soybean variety Siaivo fluctuated depending on the sowing method and seed seeding rate, ranging within 2.59–4.18. The optimal energy efficiency coefficient for cultivating the soybean variety Siaivo (4.18) was achieved in the variant with the twin-row sowing method and a seed seeding rate of 600 thousand seeds / ha.

Keywords: soybean, variety, maturity group, sowing method, seeding rate, biometric parameters, leaf area, photosynthetic potential, grain yield, protein content, oil content, 1000-grain weight, economic indicators, energy efficiency.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Урожайність різностиглих сортів сої залежно від способів сівби та норм висіву насіння в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2025. Вип. 146. Частина 2. С.91-96. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.12>

2. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Урожайність та економічна ефективність вирощування сої за різних способів сівби та норм висіву насіння в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство,техніка, економіка.* 2026. Випуск 1 (50). С. 207-211. DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-28>

3. Олійник Ю.А., Хоміна В.Я. Показники якості зерна різностиглих сортів сої залежно від технологічних факторів. *Таврійський науковий вісник.*

Серія: Сільськогосподарські науки. 2026. Вип. 147. Частина 2. С.93-98. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.12>

Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Олійник Ю.А., Шейко І.М. Особливості вирощування органічної сої. «Проблеми використання, збереження та відтворення ґрунтів в умовах сталого розвитку агросфери»: збірник тез міжнародної наукової конференції «Soils, where food begins», присвяченої всесвітньому дню ґрунтів, 5 грудня 2022 року. м.Кам'янець-Подільський.2023. С.170-171.

5. Олійник Ю., Іванишин О. Урожайність сої залежно від елементів біологізації. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології в садівництві, овочівництві і виноградарстві»* 22 березня 2024 року. м. Кам'янець-Подільський. С.162-163.

6. Олійник Ю.А. Вплив способу сівби на продуктивність різних за стиглістю сортів сої при вирощуванні в умовах Лісостепу західного. *«Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Єврорінтеграції» [електронне видання]: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної онлайн конференції*. Кам'янець-Подільський – Ломжа, 20-21.11. 2025 р. Видавництво: MANS w Łomży. 2025. С.184-186.

7. Олійник Ю.А., Хоміна В.Я. Особливості технології вирощування сої за в умовах Лісостепу Західного. *«Інноваційні технології в рослинництві»*: зб. матеріалів XIII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, 25 квітня 2025 року. м. Кам'янець-Подільський: Видавництво ЗВО «ПДУ». 2025. С.109-110.

8. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Формування продуктивності сортів сої залежно від густоти стояння та просторового розміщення рослин у Західному Лісостепу. *«Інноваційні технології в рослинництві»*: збірник матеріалів IX Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, присвяченої 100 річчю з дня народження О.С. Алексеєвої, 23 квітня 2026 року. м. Кам'янець-Подільський: Видавництво ЗВО «ПДУ». 2026. С.211-212.

ВСТУП

Актуальність теми. Соя є однією з провідних високобілкових та олійних культур у світовому та вітчизняному землеробстві, яка забезпечує продовольчу безпеку, є цінною сировиною для харчової, переробної промисловості та тваринництва, а також відіграє важливу сидеральну роль у сівозміні. Постійне зростання попиту на соєві боби та продукти їх переробки вимагає від аграрного сектору пошуку нових шляхів підвищення продуктивності цієї культури та покращення показників якості вирощеного зерна.

Сучасний етап розвитку рослинництва характеризується динамічними кліматичними змінами, зокрема тенденцією до підвищення середньорічних температур та нерівномірного розподілу опадів протягом вегетаційного періоду. За таких умов реалізація високого генетичного потенціалу сучасних сортів сої різних груп стиглості безпосередньо залежить від оптимізації елементів технології їх вирощування. Серед цих елементів ключове місце належить способам сівби та нормам висіву насіння, оскільки саме вони визначають архітектуру посіву, площу живлення рослин, ефективність використання вологи, поживних речовин та сонячної інселяції.

Традиційний широкорядний спосіб сівби сої не завжди дозволяє максимально ефективно використовувати вегетаційний простір та стримувати ріст бур'янів на ранніх етапах. Водночас усе більшої популярності набувають інноваційні технології, зокрема сівба за типом *twin row* (здвоєні рядки). Цей метод поєднує переваги широкорядного способу із більш рівномірним розподілом насіння по площі, що зменшує внутрішньовидову конкуренцію між рослинами.

Проте ефективність впровадження технології *twin row* та оптимізація норм висіву залишаються дискусійними і суттєво залежать від біологічних особливостей сортів сої різних груп стиглості, які мають різний тип галушення, тривалість вегетації та вимоги до умов довкілля. Комплексне

вивчення взаємодії факторів «сорт – спосіб сівби – норма висіву» в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є недостатньо висвітленим у науковій літературі та потребує детального дослідження.

Таким чином, оптимізація параметрів сівби (широкорядного та за типом twin row) і норм висіву насіння для різностиглих сортів сої з метою формування максимального врожаю високої якості є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого дозволить підвищити рентабельність виробництва цієї культури.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Науково-дослідна робота за темою дисертації є складовою частиною тематичних планів Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», виконувалась на кафедрі рослинництва, селекції та насінництва (номер державної реєстрації 0125U004178), де автор була безпосереднім виконавцем досліджень, також виконувалась в межах тематики кафедри рослинництва, селекції та насінництва (0125U004157).

У межах теми досліджень обґрунтовано агротехнічні і біологічні заходи вирощування різних сортів сої за вирощування в умовах Лісостепу західного, спрямованих на отримання оптимальної урожайності зерна з високими показниками якості.

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягала у встановленні впливу способу сівби та норми висіву насіння на ріст, розвиток, урожайність та якість зерна різних за стиглістю сортів сої при вирощуванні в умовах Лісостепу західного.

Для досягнення поставленої мети було передбачено завдання:

- виявити вплив способу сівби та норми висіву насіння на морфометричні показники різностиглих сортів сої;
- визначити фотосинтетичну діяльність агроценозу сої залежно від досліджуваних факторів;
- виявити кореляційні зв'язки між морфометричними показниками та факторами досліду;

- провести облік урожайності зерна різностиглих сортів сої у розрізі варіантів досліджень;
- встановити залежність вмісту білка в зерна сої від факторів експерименту;
- визначити вміст олії в зерні досліджуваних сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння;
- на основі проведених спостережень, обліків і аналізів отриманих результатів розроблених елементів технології вирощування сої визначити і обґрунтувати економічну та енергетичну ефективність з урахуванням умов регіону та досліджуваних факторів;
- встановити оптимальну норму висіву у розрізі сортів, більш ефективний спосіб сівби і сформулювати рекомендації виробництву для умов Лісостепу західного;

Об'єкт дослідження – процеси формування продуктивності та якості зерна сортів сої різних груп стиглості залежно від способів сівби та норм висіву насіння.

Предмет дослідження – закономірності росту, розвитку, формування фотосинтетичного апарату, урожайності та показників якості зерна різностиглих сортів сої залежно від норм висіву насіння та способів сівби (широкорядного і за типом twin row), а також економічна та енергетична ефективність цих прийомів.

Методи дослідження. Методологічну основу дисертаційної роботи становить комплексне поєднання загальнонаукових підходів та спеціальних (конкретно-наукових) методів агрономічних досліджень, спрямованих на вирішення поставлених завдань.

Теоретичний етап дослідження базувався на системному аналізі наукових джерел та застосуванні методів гіпотези, аналізу, синтезу, індукції, дедукції, порівняння, конкретизації та узагальнення. Це дозволило обґрунтувати актуальність обраного напрямку, оцінити сучасний стан

вивчення архітектоніки посівів сої та сформулювати концептуальні положення експерименту.

Емпірична частина роботи реалізована за допомогою методів спостереження, порівняння та експерименту шляхом закладання та проведення багатофакторних польових і лабораторних дослідів.

Для досягнення поставленої мети та розв'язання конкретних завдань було застосовано такі спеціальні (конкретно-наукові) методи:

польовий – застосовувався безпосередньо для систематичного проведення польового дослідів, вивчення взаємодії факторів (сорт, норма висіву, спосіб сівби), фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин, оцінки динаміки густоти стояння, а також для подальшої апробації та розробки виробничих рекомендацій;

лабораторний (лабораторно-польовий) – задіяний для проведення морфофізіологічних аналізів, визначення лінійних параметрів рослин (біометрії), динаміки формування площі асиміляційної поверхні листків та фотосинтетичного потенціалу агроценозу сої, детального аналізу структури біологічного врожаю, а також фізико-хімічного аналізу зерна (визначення вмісту сирого білка, жиру/олії та інших технологічних показників якості);

розрахунково-порівняльний – використаний для проведення комплексної порівняльної оцінки досліджуваних варіантів, зокрема для обчислення економічної (собівартість, чистий прибуток, рівень рентабельності) та енергетичної ефективності (коефіцієнт енергетичної ефективності) оптимізованих елементів технології вирощування сої;

математично-статистичний (метод варіаційного, дисперсійного та кореляційного аналізів) – залучений для математичної обробки експериментальних даних, оцінки суттєвості різниці між варіантами дослідів (H_{IP05}), встановлення сили та характеру кореляційних зв'язків між біометричними параметрами, урожайністю, якістю зерна та чинниками експерименту, що підтверджує вірогідність і наукову достовірність отриманих результатів.

Усі польові обліки, спостереження, лабораторні аналізи та оцінки виконано відповідно до чинних державних стандартів (ДСТУ) та загальноприйнятих галузевих методик дослідної справи в агрономії.

Наукова новизна одержаних результатів полягала у теоретичному обґрунтуванні та практичному розв’язанні актуального наукового завдання – підвищення продуктивності й адаптивного потенціалу сої в умовах Лісостепу західного шляхом оптимізації параметрів просторового розміщення рослин. Основні наукові положення, що виносяться на захист і становлять наукову новизну:

Вперше:

- здійснено комплексне наукове обґрунтування взаємодії та синергічного ефекту елементів технології вирощування (сорт - спосіб сівби - норма висіву) в агрокліматичних умовах Лісостепу західного;
- встановлено характер і закономірності інтерференції між способами сівби (зокрема, за типом twin row) та нормами висіву насіння сортів сої різних груп стиглості;
- розкрито механізми формування продуктивності, фотосинтетичного апарату та адаптивних властивостей культури залежно від просторової геометрії посіву.

Удосконалено:

- концептуальні засади формування високопродуктивних і стійких агроценозів сої завдяки оптимізації густоти стояння рослин та архітекtonіки посіву під впливом різних способів сівби;
- елементи зональної технології вирощування різностиглих сортів сої в умовах Західного регіону України;
- методологічні підходи до оцінки економічної та енергетичної ефективності вирощування сої за умов трансформації структури посіву та варіативності норм висіву.

Дістало подальший розвиток:

- наукове розуміння закономірностей накопичення білка та олії в зерні сої під дією комплексного впливу агротехнічних чинників;
- дослідження щодо оптимізації витрат енергетичних та фінансово-матеріальних ресурсів при вирощуванні зернобобових культур завдяки впровадженню інноваційних способів сівби.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі порівняльних аналізів, обліків і спостережень розроблено та оптимізовано диференційовані комбінації норм висіву та способів сівби (широкорядного і за типом twin row) для конкретних різностиглих сортів сої, що дозволяє стабільно отримувати високі врожаї зерна з покращеними якісними показниками (вмістом білка та олії).

Результати досліджень були впроваджені в сільськогосподарських підприємствах: Хмельницької області Кам'янець-Подільського району с. Струга ФГ «Довжок – 05» на площі 22,5 га у 2025 році; Хмельницької області Кам'янець-Подільського району селище Нова Ушиця ТОВ «Агро Сервіс Груп – 2017» на площі 25,5 га у 2025 році; Хмельницької області Кам'янець-Подільського району с.Песець ФГ «Астра плюс» на площі 15 га у 2025 році.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом самостійно виконаних автором досліджень, де йому належить провідна роль на всіх етапах наукового процесу. Здобувачем особисто сформульовано робочу гіпотезу, розроблено програму та методологічний алгоритм проведення експериментів. Автор безпосередньо здійснював польові та лабораторно-аналітичні дослідження, виконував математично-статистичну обробку та концептуальну інтерпретацію отриманих експериментальних даних. Наукову літературу за темою дослідження опрацьовано самостійно, на основі чого підготовлено та опубліковано наукові праці. У публікаціях, виконаних у співавторстві, внесок здобувача полягає у безпосередньому закладанні й проведенні польових дослідів, аналізі, узагальненні та систематизації первинного матеріалу, а також у підготовці рукописів статей.

Виробнича апробація та впровадження розроблених елементів технології у виробництво здійснювалися за безпосередньої участі або під науковим керівництвом автора.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи щорічно доповідались на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (2023-2025 рр.): на *Міжнародній науковій конференції «Soils, where food begins», присвяченій всесвітньому дню ґрунтів* (5 грудня 2022 року). м. Кам'янець-Подільський; *I Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології в садівництві, овочівництві і виноградарстві»* (22 березня 2024 року). м. Кам'янець-Подільський; *I Міжнародній науково-практичній онлайн конференції «Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Євронтеграції»*. Кам'янець-Подільський – Ломжа (20-21.11. 2025 р); *XIII Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві»*, 25 квітня 2025 року. м. Кам'янець-Подільський; *IX Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в рослинництві», присвяченій 100 річчю з дня народження О.С. Алексєєвої* (23 квітня 2026 року) м. Кам'янець-Подільський.

Структура та обсяг роботи. Дисертація викладена на 125 сторінках машинописного тексту, містить вступ, 5 розділів, 13 висновків, рекомендації виробництву та додатки. Робота містить 27 таблиць, ілюстрована 10 рисунками. Список використаних літературних джерел нараховує 201 найменувань, з яких 29 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ВІД ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

(Огляд літератури)

1.1. Історичне значення та біохімічний потенціал сої

Уже понад п'ять тисячоліть соєві боби та продукти їхньої глибокої переробки посідають стратегічне місце в раціоні людства, виступаючи високоцінним і відновлюваним джерелом рослинного протеїну та ліпідів. Висока харчова та промислова цінність цієї культури зумовлена її унікальним хімічним складом. Зокрема, середня концентрація білка в сухому зерні сої сягає близько 40 %, а вміст високоякісних рослинних жирів варіюється в межах від 18 до 23 %. Завдяки такому збалансованому біохімічному профілю та надзвичайній універсальності застосування, соя обґрунтовано належить до переліку найважливіших і найбільш затребуваних сільськогосподарських культур у світовому агропромисловому комплексі [1-4].

Поєднання високої концентрації протеїнів та олії зумовлює широку інтеграцію соєвих бобів у найрізноманітніші сектори глобальної економіки. Сьогодні сировина на основі сої є базовим компонентом не лише у харчовій індустрії та промисловому тваринництві (як основа для вискоєфективних кормів), а й у фармакології, сучасній медицині та хімічній промисловості [5-7]. Зокрема, продукти переробки цієї культури активно застосовуються для екстракції біологічно активних речовин, синтезу фармацевтичних препаратів, а також як відновлювана сировина для генерації екологічно чистого біопалива та виготовлення широкого спектра технічної продукції побутового й промислового призначення [8, 9].

У сучасній харчовій індустрії значна частина інноваційних замінників м'яса та продуктів для веганського раціону синтезується саме на основі структурованого соєвого білка. Завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям, цей протеїн здатний точно імітувати волокнисту структуру, щільність та специфічні смакові характеристики традиційних м'ясних виробів [10-12].

Крім того, технологічне впровадження соєвих ізолятів та концентратів у класичне м'ясопереробне виробництво є економічно вигідним інструментом. Це дозволяє підприємствам суттєво оптимізувати та знизити собівартість кінцевої продукції, повністю зберігаючи при цьому її високі поживні властивості, органолептичні показники та калорійність.

Поряд із м'ясною індустрією, соя виступає повноцінною і масовою альтернативою натуральній молочній сировині. На її основі у промислових масштабах виготовляють соєве молоко, тофу (рослинний сир), йогурти, десерти та збиті вершки. Висока популярність соєвого компонента в цій ніші зумовлена його низькою комерційною вартістю порівняно із сухим знежиреним коров'ячим молоком. Разом з тим, здешевлення не означає втрату якості: соєвий протеїн характеризується оптимально збалансованим амінокислотним профілем, відмінною біологічною засвоюваністю організмом, високим ступенем розчинності та цінними функціонально-технологічними властивостями, такими як емульгувальна та водозв'язувальна здатність [13-15].

Терапевтичний потенціал соєвого білка виходить далеко за межі звичайного дієтичного харчування, знаходячи широке застосування в доказовій медицині та фармації. Рослинний ізолят слугує незамінною сировиною для розробки спеціалізованих ентеральних сумішей та медикаментів, призначених для комплексної терапії цукрового діабету, мінімізації наслідків променевої хвороби та прискорення виведення токсичних радіонуклідів і важких металів з організму людини. Оскільки соя містить абсолютно всі незамінні амінокислоти, які безпосередньо регулюють

ендокринні та обмінні процеси, її систематичне вживання сприяє природному зміцненню імунної системи, стимулює захисні функції клітин та суттєво підвищує загальну резистентність організму до патогенів і хронічних захворювань [16-19].

Важливе значення має соя і в кормовиробництві. Соевий шрот є одним із найцінніших джерел рослинного протеїну для годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. Його висока поживна цінність забезпечує широке використання у виробництві комбікормів [20].

Соева олія є висококалорійним продуктом, енергетична цінність якого становить 8,37 ккал на 1 г. За поживними властивостями та засвоюваністю вона наближається до коров'ячого масла. У її складі міститься близько 62 % поліненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої та ліноленової, а також 14,5 % пальмітинової і стеаринової кислот. Крім того, соєва олія багата на важливі для організму речовини, серед яких лецитин і природний вітамін Е [21].

Також соя широко використовується у поліграфічній галузі для виготовлення друкарських фарб. Такі фарби характеризуються вищою якістю порівняно з аналогами на нафтовій основі, хоча їхня вартість приблизно на 10 % вища [22].

Соя та продукти її переробки мають високу кормову цінність і широко використовуються у тваринництві. Особливе значення має соєвий шрот, який містить від 44 до 49 % протеїну та близько 7 % лізину. Завдяки цьому він є універсальним концентрованим білковим кормом для різних видів сільськогосподарських тварин [23-25]. Багаторічна сільськогосподарська практика підтверджує високу продуктивність вирощування сої в полікультурах разом із кукурудзою, сорго, суданською травою та іншими представниками злакових. Сумісне культивування цих рослин дозволяє суттєво оптимізувати якісні показники та підвищити поживність сировини для виробництва силосу й зеленого корму. Що стосується заготівлі грубих кормів, то за концентрацією протеїну та загальним обсягом кормових

одиниць соєве сіно демонструє характеристики, рівноцінні показникам сіна з еспарцету, конюшини чи більшості злакових трав [26].

1.2. Азотфіксуючий потенціал сої та його агрономічне значення

У глобальному рослинництві соя посідає місце однієї з ключових культур, що здійснюють вагомий вплив на біологічний кругообіг хімічних елементів. Завдяки ефективному симбіозу з бульбочковими бактеріями, рослини здатні асимілювати значні обсяги атмосферного азоту, фіксуючи його в ґрунтовому профілі у складі корневих та післяжнивних решток. Науково доведено, що після збирання сої в гумусовому шарі депонується від 80 до 100 кг/га біологічно зв'язаного азоту. Це суттєво оптимізує потенційну родючість ґрунту та покращує фосфорно-калійний і азотний режим для наступних ланок сівозміни [27, 28].

Здатність бактерій роду *Rhizobium* вступати у симбіотичні відносини з бобовими культурами та здійснювати фіксацію атмосферного азоту має велике практичне значення для сільського господарства. Незважаючи на численні дослідження, механізми функціонування бобово-ризобіального симбіозу залишаються предметом подальшого вивчення. Тривалий час цей процес розглядали переважно як результат діяльності бульбочкових бактерій, які проникають у кореневу систему рослини-господаря, утворюють бульбочки та позитивно впливають на її ріст і розвиток [29, 30].

Конкурентний потенціал ризобій переважно зумовлений специфічними характеристиками окремого штаму. Штами з вищим рівнем вірулентності та агресивності спроможні нівелювати розвиток менш адаптованих аналогів не лише *in vitro*, а й у штучних торф'яних субстратах та природних ґрунтових ценозах. Поряд із цим, критичним чинником продуктивності макро- та мікросимбіонтів є їхня комплементарність на генетичному рівні. Саме від генетичної відповідності бактерії та рослини-живителя залежить

архітектоніка й загальна функціональна ефективність утвореної симбіотичної системи [31].

Інтенсивність азотфіксації значною мірою залежить від забезпечення бактерій енергетичними ресурсами. У період формування та наливу бобів основна частина вуглеводів спрямовується на розвиток насіння, унаслідок чого активність бульбочок поступово знижується, а процес фіксації атмосферного азоту послаблюється [32].

Одним із важливих завдань сучасного землеробства є збільшення частки біологічного азоту в структурі живлення рослин. Для цього агротехнічні заходи мають бути спрямовані на активізацію діяльності бобово-ризобіального симбіозу та підвищення ефективності використання біологічно зв'язаного азоту в урожаї зерна і вегетативної маси [33, 34].

Процеси нодуляції та інтенсивність нітрогеназної активності контролюються багаторівневою сигнальною системою взаємодії між макросимбіонтом і ризобіями. Провідну роль у цьому молекулярному діалозі відіграють рослинні флавоноїди та бактеріальні Nod-фактори. Зазначені метаболіти зумовлюють високу видоспецифічність симбіотичних взаємин, запускаючи морфогенетичну програму диференціації тканин кореня та утворення спеціалізованих бульбочок, які є анатомічною зоною відновлення молекулярного азоту атмосфери [35].

Згідно з експериментальними даними, на ювенільних етапах онтогенезу проростки сої задовольняють потребу в нітрогені за рахунок ендогенних ресурсів сім'ядоль. На етапі вегетації «сходи» мобілізується орієнтовно 30 % початкового пулу елемента, до дев'ятої доби цей показник зростає до 75 %, а через 21–28 діб залишковий вміст азоту в сім'ядолях становить не більше 7 %. Попри наявність поодиноких відомостей про ранню асиміляцію ґрунтового азоту, у більшості дослідів доведено домінуючу роль сім'ядольних запасів у живленні молодих рослин. Водночас пікові інтервали екзогенного споживання та максимального дефіциту азоту в сої припадають на фенофази цвітіння та формування й наливу бобів [36].

Суттєвий науковий інтерес зосереджений на створенні біотехнологій інтегрованого застосування поліфункціональних мікроорганізмів, спроможних активізувати ендogenous фізіологічні процеси в рослинних організмах і оптимізувати їхню біологічну продуктивність. У контексті вирощування бобових агроценозів критично важливим аспектом є біологічна комплементарність інтродукованих мікроорганізмів із комерційними штамми ризобій. Оптимальний скринінг та верифікація вискоєфективних мікробних консорціумів дозволяють досягти вираженого синергізму, що забезпечує пролонгований позитивний вплив на загальний морфогенез та вегетацію сої [37].

Завдяки раціональному скринінгу та залученню високопродуктивних штамів ризобій досягається максимальний рівень асиміляції молекулярного азоту атмосфери. Експериментально доведено, що у процесі метаболізму близько 75 % фіксованого бактеріями нітрогену транслокується безпосередньо в органи рослини-господаря, тоді як орієнтовно 25 % депонується в тканинах самих нодуляційних структур. За сприятливих умов та оптимального функціонування симбіотичної системи коефіцієнт надходження біологічного азоту до макросимбіонта може зростати до 90 % [38].

Важливим критерієм функціонування азотфіксуючого симбіозу є його ефективність, яка визначається здатністю підвищувати врожайність культури та збільшувати вміст білка в насінні. Тому підвищення ефективності симбіотичної системи сої є одним із ключових напрямів сучасних досліджень [39].

Доведено, що попри здатність сої формувати біологічну продуктивність за рахунок гетерогенних джерел нітрогенного живлення, домінантне значення має саме симбіотична азотфіксація. Коефіцієнт симбіотичної ефективності цієї культури, що відображає інтегральну реакцію рослин на штучну інокуляцію та застосування мінеральних туків, здатний сягати 80–100 %. Для порівняння, у посівів гороху аналогічний параметр

зазвичай лімітований межами 50–60 %. Така диференціація є прямим підтвердженням вищої детермінованості, автономності та метаболічної віддачі симбіотичного апарату сої у взаємодії з ризобіями на тлі інших представників родини Fabaceae [40].

Підвищення активності симбіотичної азотфіксації безпосередньо впливає на формування генеративних органів сої, збільшуючи кількість бобів та масу насіння. Це пов'язано з покращенням азотного живлення у критичні фази росту, особливо під час цвітіння та наливу зерна [41].

Результативність штучної інокуляції детермінується щільністю ендогенної популяції ризобій у ґрунтовому профілі. Встановлено, що за умов високої спонтанної насиченості агроценозу аборигенними штамми бульбочкових бактерій чистий приріст ефективності від інтродукції препарату лімітується лише 5–15 %. Навпаки, на ґрунтах із низьким титром специфічних мікроорганізмів цей індекс оптимізації може зростати до 25–35 %. Зазначена закономірність є прямим верифікатором критичного значення вихідного мікробіологічного статусу едафотопу для повноцінного розгортання та реалізації біологічного потенціалу симбіотичної системи сої [42].

Інтеграція мікробіологічних препаратів у технологічні схеми вирощування сої зумовлює пролонгацію етапів онтогенезу та подовження загального вегетаційного періоду рослин на 5–8 діб, що безпосередньо корелює з підвищенням гомеостазу та стабільності формування насіннєвої продуктивності. За вектором агрономічної та економічної віддачі зазначений елемент технології демонструє превалюючу ефективність порівняно з альтернативними агротехнічними заходами. Згідно з результатами польових дослідів, чистий приріст урожайності культури внаслідок біологізації живлення становив у середньому 1,7–5,9 ц/га для сорту Київська 27, тоді як для сорту Київська 91 цей показник варіювався в межах 1,6–2,9 ц/га, залежно від гідротермічних умов вегетації та обраного попередника в сівозміні [43].

Новітні концепції екологізації та біологізації агросфери орієнтовані на оптимізацію умов для повноцінного розгортання функціонального потенціалу мікробіоти ризосфери. Зазначений вектор реалізується за допомогою впровадження агротехнологічних заходів, що ініціюють ендегенну активність ґрунтових мікроорганізмів, а також через інтеграцію поліфункціональних мікробних біопрепаратів, які виступають ростостимуляторами для макросимбіонтів та здійснюють супресивний контроль щодо чисельності фітопатогенних популяцій. Пріоритетним сектором у цьому напрямі залишається конструювання біопрепаратів на основі діазотрофів – як симбіотичних, так і асоціативних штамів, спрямованих на максимізацію чистої первинної продуктивності штучних агроценозів [44].

Комерційні інокулянти сої, навіть за умови однакового виду бактерій (*Bradyrhizobium japonicum*), можуть істотно відрізнятися за ефективністю впливу на формування бульбочок, фізіологічні показники рослин та врожайність. Це пов'язано з різницею у штамовому складі, носіях, концентрації бактерій та технології виробництва препаратів [45].

Експериментальні дані засвідчують, що комерційні інокулянти на основі *Bradyrhizobium japonicum* виявляють гетерогенну біологічну активність щодо інтенсивності нодуляційного процесу та динаміки акумуляції нітрогену в біомасі сої. Навіть за умови вирівнювання концентрації (титру) життєздатних клітин у біопрепаратах, їхня агрономічна ефективність суттєво диференціюється. Головними детермінуючими чинниками тут виступають специфіка фізико-хімічних властивостей використаних носіїв (матриксів), а також індивідуальний конкурентний потенціал інтродукованих штамів у протистоянні з аборигенною мікрофлорою едафотопу [46].

Аналіз польових досліджень підтверджує, що ефективність інокулянтів значно варіює залежно від умов середовища, генотипу сої та взаємодії «штам–рослина». Різні препарати можуть забезпечувати як суттєве

підвищення врожайності, так і мінімальний або відсутній ефект у випадку високої природної популяції ризобій у ґрунті [47].

Окремі дослідження показують, що інокулянти з різними бактеріальними штамами або різними носіями (торф, рідкі формуляції, полімерні покриття) відрізняються за здатністю до формування бульбочок, активності азотфіксації та впливу на вміст білка в зерні. Найкращі результати зазвичай отримують за умови високої життєздатності бактерій і сумісності штаму з конкретним сортом сої [48].

Отже, диференціація біологічної дії інокулянтів зумовлена не стільки видовою належністю мікросимбіонта, скільки синергетичним комплексом детермінант. До них належать генетична архітектоніка штаму, технологічні особливості формуляції препарату, параметри його зберігання, а також конкурентний потенціал інтродукованих клітин щодо аборигенного мікробного пулу ґрунту. Саме ця сукупність чинників визначає варіабельність агрономічної ефективності біопрепаратів у контексті оптимізації насіннєвої продуктивності сої [49].

Згідно з експериментальними даними, передпосівна обробка насіння сої штаммами *Bradyrhizobium japonicum* зумовлює істотне зростання біологічної продуктивності культури внаслідок оптимізації нітрогенного режиму та інтенсифікації симбіотичної азотфіксації. Величина цього ефекту детермінується характером взаємодії між штучною інокуляцією та внесенням мінеральних туків, що інтегрально забезпечує підвищення чистій первинній продуктивності рослин і валового збору сирого протеїну. У процесі польових досліджень верифіковано, що синергетичне поєднання бактеріальних і мінеральних азотних добрив дозволяє досягти збільшення насіннєвої продуктивності сої до 42 % відносно абсолютного контролю [50].

Результативність передпосівної інокуляції значною мірою детермінується генезисом ґрунтового покриву, його фізико-хімічними параметрами та щільністю автохтонних популяцій ризобій. Експериментально доведено, що на едафотобах із низьким титром

аборигенних бульбочкових бактерій чистий приріст насіннєвої продуктивності внаслідок штучного зараження є есенціально вищим порівняно з агроценозами з високим рівнем спонтанного інфікування. Зазначена закономірність обумовлена вищим коефіцієнтом інтродукції та адаптації лабораторного штаму в ризосфері через нівелювання конкурентного тиску з боку аборигенної мікрофлори [51].

Результати порівняльної оцінки різноманітних інокулянтів засвідчують, що їхня біологічна та агрономічна віддача суттєво варіюється навіть за умови ідентичності видового складу мікросимбіонтів. Ключовими детермінантами впливу на насіннєву продуктивність виступають специфіка формуляції біопрепарату, збереження високого титру життєздатних клітин та вірулентність штамів, що визначає їхню здатність до конкурентного витіснення аборигенних мікроорганізмів у межах ризосфери. Зазначена диференціація безпосередньо модифікує інтенсивність нодуляційного процесу, зумовлюючи неоднакові показники приросту врожаю сої під дією мінливих агроекологічних чинників [52].

Частка симбіотично асимільованого нітрогену здатна досягати 60–70 % від його сукупного пулу в біомасі врожаю. Есенціальна кількість цього елемента після десикації та збирання агроценозу депонується в едафотопі у складі післяжнивних і корневих решток, що оптимізує потенційну родючість ґрунту та нівелює потребу в інтенсивному застосуванні мінеральних азотних туків. З огляду на це, соя позиціонується як високоцінний попередник у сучасних сівозмінах, зокрема під озимі та ярі колосові культури. У специфічних умовах регулярного зрошення вона також верифікована як один із найбільш ефективних попередників для агрофітоценозів рису [53].

Крім того, симбіоз сої з бульбочковими бактеріями позитивно впливає не лише на рівень урожайності, але й на якісні показники продукції. Зокрема, у зерні підвищується вміст білка, жиру та вітамінів, що істотно покращує харчову і кормову цінність отриманого врожаю. Ефективність цього процесу

значною мірою залежить від умов вирощування, рівня забезпеченості рослин вологою, елементами живлення та активності симбіотичної мікрофлори [54, 55].

Встановлено також, що поєднання інокуляції насіння з помірним фосфорним живленням сприяє підвищенню азотфіксуючої активності та покращує засвоєння макроелементів. Фосфор відіграє ключову роль у енергетичних процесах, необхідних для функціонування бульбочкових бактерій і синтезу білкових сполук у рослині [56].

1.3. Сортові особливості як фактор формування продуктивності сої

У сучасному рослинництві вибір сорту є одним із ключових та економічно найдоступніших факторів інтенсифікації виробництва. Генетичний потенціал генотипу визначає верхню межу можливої продуктивності культури, її адаптаційну здатність та стійкість до несприятливих чинників довкілля.

Дослідження засвідчують, що за рахунок правильного підбору сорту, який максимально відповідає конкретним ґрунтово-кліматичним умовам регіону, можна забезпечити приріст урожайності насіння від 20 % до 40 % без додаткових витрат на добрива чи пестициди. Сортова специфіка сої модифікує не лише кількісні показники збору зерна, а й темпи проходження фенологічних фаз, архітектоніку рослин, площу асиміляційної поверхні та спрямованість біохімічних процесів [57-59].

Важливою сортовою ознакою сої є тривалість вегетаційного періоду (належність до певної групи стиглості: ультраранні, ранньостиглі, середньоранні тощо). Оскільки соя належить до культур короткого дня і є теплолюбною рослиною, її продуктивність тісно пов'язана з ефективним використанням фотосинтетично активної радіації та суми активних температур.

Скоростиглі сорти характеризуються високою пластичністю, швидким звільненням поля і є чудовими попередниками для озимини, проте часто мають генетично обмежену стелю врожайності.

Пізнюстиглі генотипи мають триваліший період наливу зерна, що дозволяє їм за сприятливих умов формувати значно вищу біологічну продуктивність.

Проте невідповідність групи стиглості сорту термічним ресурсам регіону вирощування призводить до затягування дозрівання, зниження якості насіння та втрат при збиранні [60-61].

Продуктивність конкретного сорту безпосередньо залежить від його морфологічної будови: висоти рослин, типу розгалуження, висоти прикріплення нижніх бобів та стійкості до вилягання. Сорти з високим кріпленням першого боба (понад 12–15 см) дозволяють мінімізувати втрати зерна під час комбайнового збирання. Окрім того, сучасна селекція спрямована на створення генотипів із високою стійкістю до поширених фітопатогенів (фузаріозу, антракнозу, бактеріозів) та шкідників. Генетично обумовлений імунітет сорту дозволяє зберегти закладений потенціал урожайності в критичні фази бутонізації та наливу бобів [62].

Особливе значення в контексті продуктивності має сортова специфічність сої щодо її комплементарності з бульбочковими бактеріями (*Bradyrhizobium japonicum*). Різні сорти неоднаково реагують на інокуляцію: окремі генотипи демонструють високу синергію з конкретними штамами ризобій, формуючи потужний нітрогеназний апарат, тоді як інші є менш чутливими до біологізації та потребують вищих доз стартового мінерального азоту. Ця взаємодія безпосередньо впливає на якісні характеристики врожаю. Сортний фактор визначає не лише валовий збір насіння, а й вихід олії (яка коливається в межах 18–23 %) та сирого протеїну (близько 40 %), що є головним критерієм комерційної та поживної цінності соєвої сировини [63].

Оптимальний менеджмент природно-кліматичних ресурсів, таких як сонячна радіація, термічні умови, вологозабезпеченість та потенційна

родючість ґрунту, реалізується виключно за рахунок залучення генотипів із високим коефіцієнтом використання цих едафо-кліматичних чинників. Інтродукція екологічно адаптованих сортів сої в умовах високого агротехнічного фону забезпечує збільшення первинної продуктивності штучного агрофітоценозу в 1,5 рази. Відтак, виступаючи біологічним базисом сучасних технологій вирощування, сорт детермінує не лише інтенсифікацію насіннєвої продуктивності, а й рівень толерантності посівів до мінливих природних та антропогенних факторів [64].

Сучасні архітектонічні вимоги до нових генотипів сої передбачають комплексну оптимізацію їхніх ознак: крім високої насіннєвої продуктивності, вони мають характеризуватися підвищеним синтезом сирого протеїну та ліпідів, збалансованим вегетаційним періодом, стійкістю до патогенного та ентомологічного пресингу, а також високою технологічністю під час збирання. Не менш критичним критерієм селекційного відбору залишається здатність сорту до формування активного нітрогеназного комплексу для асиміляції значних пулів атмосферного нітрогену [65-67].

Генетичний ліміт насіннєвої продуктивності більшості сучасних генотипів сої, включених до Державного реєстру сортів рослин України, перевищує 3,5 т/га, тоді як фактичні показники середньої врожайності в агровиробництві коливаються на рівні 2,0 т/га. Нарощування обсягів валових зборів зерна цієї культури в межах держави детермінується інтенсифікацією виробництва через раціональну реалізацію закладеного сортового потенціалу. Диверсифікований асортимент сортів сої вітчизняної та іноземної селекції, адаптованих до специфічних едафо-кліматичних умов різних регіонів, спроможний гарантувати агровиробникам високий та гомеостатичний рівень урожайності [68, 69].

При скринінгу сортових ресурсів сої визначальним критерієм є їхня відповідність гідротермічному режиму та агрокліматичним параметрам конкретної зони вирощування. Будучи термофільною та вологолюбною культурою, соя виявляє високу чутливість до лімітуючих факторів

середовища. Водночас дефіцит природних ресурсів тепла та вологи може бути нівельований або частково компенсований шляхом залучення до агроценозів ксерофітизованих (посуhostійких) та відносно холодостійких генотипів [70].

Ранньостигла соя звільняє поле під озиму пшеницю та менше залежить від примх погоди, але дає скромніший урожай. Середньостигла соя дозріває якраз так, щоб її можна було збирати сухою без додаткових витрат на елеваторі. Пізньостигла соя найурожайніша, а через те, що вона не обсипається при перестоюванні, її зручно сіяти на великих площах, де техніка не встигає зібрати все одночасно [71].

Специфіка підбору сортів сої для Західного Лісостепу зумовлена лімітованими ресурсами тепла й світла, що заважає повноцінному дозріванню форм із вегетацією до 145 днів. сучасні сорти для цього регіону мають відзначатися екологічною пластичністю до змін клімату та рівня родючості ґрунту за різних способів його обробітку. Крім того, вони повинні ефективно реагувати на внесення добрив та біопрепаратів для досягнення максимальної продуктивності [72-74].

Найвищу потенційну продуктивність серед усіх груп стиглості сої в Україні мають середньостиглі та середньопізньостиглі сорти (40–50 ц/га). Попри це, їхня частка в структурі посівів становить менш як 20%, а рівень реалізації генетичного потенціалу коливається в межах 35–50%. З огляду на це, актуальним науковим завданням є проведення комплексної порівняльної оцінки цих сортів за критеріями технологічності, адаптивності, урожайності та якості насіння для оптимізації їхнього використання [75, 76].

Частішання посух та температурний стрес під час вегетації негативно впливають на сою, через що критичним може стати будь-який етап органогенезу. Це пояснює наявність дискусій та різних концепцій у наукових колах щодо зазначеної проблематики. Водночас ранні та ультраранні сорти здатні забезпечувати високу продуктивність за умови їхньої толерантності до

дефіциту вологи та здатності адаптивно скорочувати тривалість окремих міжфазних періодів без зниження врожайності [77, 78].

Згідно з результатами досліджень, ключову роль у формуванні продуктивності сої відіграють особливості сорту (63,8%) та густота стояння рослин (27,1%). Поряд із цим вагомим фактором залишається гідротермічний режим року. Стійкість до дефіциту вологи є специфічною сортовою ознакою, причому високорослі генотипи демонструють вищу регенераційну здатність після посухи, ніж низькорослі. Крім того, за даними випробувань у неполивних умовах центральної Індії, найвищу врожайність забезпечують форми з оптимізованими фенофазами: настанням цвітіння на 37-й день, дозріванням на 92-у добу та тривалістю наливу бобів близько 33 днів [79-82].

У дослідженнях О. Ю. Турак та М. Ю. Козло, виконаних у ґрунтово-кліматичних умовах Івано-Франківщини, вивчався взаємозв'язок між продуктивністю сортів сої та термінами їхнього висіву. Авторами встановлено, що відтермінування сівби на пізніші строки сприяло зростанню врожайності всіх досліджуваних генотипів на 5–26%. Максимальний збір насіння продемонстрував сорт Аріса, який за середнього строку висіву забезпечив 3,41 т/га, а за пізнього — 3,92 т/га, що виявилось вищим за результати раннього строку на 4,6 та 20,2% відповідно [83].

У роботах М. О. Іванів та В. В. Возняка висвітлено особливості формування продуктивності сортів сої різних за швидкоспілістю груп залежно від дат посіву та норми висіву в умовах штучного зволоження. Автори довели, що кожна група стиглості потребує індивідуального підбору цих технологічних параметрів. Так, за проведення сівби 15 квітня оптимальною для всіх генотипів виявилася густота 900 тис. шт./га, що забезпечило збір зерна на рівні 2,59–3,78 т/га. Натомість за зміщення строків на 1 травня ультраранні сорти продемонстрували максимум (2,81–3,39 т/га) за густоти 700 тис. шт./га, тоді як для ранньостиглих і середньоранніх форм кращою була густота 500 тис. шт./га, де врожайність сягнула 3,18–4,28 т/га [84].

За результатами вирощування сої на чорноземах опідзолених у зоні Лісостепу, лідером за лінійними розмірами став сорт Лейквью, висота рослин якого досягла 81,6 см. Водночас сорт Аріса продемонстрував найкращі середні показники за висотою розташування нижнього репродуктивного органу (11,9 см). Обидва зазначені генотипи (Аріса та Лейквью) сформували максимальну площу асиміляційної поверхні листя, яка становила 41,4–42,4 тис. м²/га. Оцінка індивідуальної продуктивності ранньостиглої групи засвідчила, що найбільший збір зерна (2,30 т/га) забезпечив сорт Лейквью, продемонструвавши високий рівень екологічної пластичності та повну реалізацію свого генетичного потенціалу [85].

У наукових працях В.В. Любича, В.І. Войтовської зазначено, що для стабільного збору сирого протеїну за мінливих гідротермічних умов Правобережного Лісостепу перспективним є вирощування сорту Аріса, який вдало поєднує високу насіннєву продуктивність із підвищеним вмістом білка, а також сорту Аляска, що вирізняється високою білковистістю насіння. При цьому в роки з оптимальною кількістю опадів сорт Аляска забезпечує значний збір олії. Генотипи Вольта, Асука, Хана та Ленка демонструють максимальний вихід протеїну за умови достатнього зволоження, а сорти Вольта, Асука й Ленка за таких же сприятливих умов гарантують найвищі збори жиру. Своєю чергою, сорт Сіберія доцільно залучати для одержання стабільного виходу олії незалежно від погодних коливань року [86].

Дослідженнями Івасик М.В. експериментально встановлено, що оптимальну урожайність зерна 3,12 т/га отримано у сорту Аратта за норми висіву насіння 600 тис шт / га, проведення інокуляції насіння+ N₃₀P₄₀. При визначенні впливу способу сівби і стимулятора росту на урожайність сортів сої встановлено, що найбільш урожайним був сорт сої Ультра з показником 2,64 т/га за сівби суцільним рядковим способом сівби з шириною міжрядь 15 см та із застосуванням стимулятора росту Гіберелін [87, 88].

На основі проаналізованих наукових даних та загальних агрономічних закономірностей, найбільша взаємодія сортів сої відбувається з таким

ключовим фактором як агрометеорологічні (кліматичні) умови. Це найсильніший природний чинник, який визначає, чи розкриє сорт свій генетичний потенціал.

Соя дуже чутлива до посухи, особливо у критичні фази (цвітіння та наливання бобів). Високорослі сорти краще відновлюються після водного стресу, тоді як інші сорти потребують високого зволоження для максимального збору білка та жиру.

За умов високих температур ранньостиглі сорти здатні адаптивно скорочувати міжфазні періоди, щоб уникнути «запалу» рослин і зберегти врожайність.

Частка сортових особливостей та норм висіву в загальній структурі врожайності є визначальною і сумарно перевищує 90% [89].

Сорти сої по-різному реагують на площу живлення залежно від архітекτονіки куща. Наприклад, в умовах зрошення за пізніших строків сівби скоростиглі сорти потребують більшої густоти (700 тис./га), а ранньостиглі та середньоранні — краще ростуть у розріджених посівах (500 тис./га).

Строк сівби безпосередньо впливає на проходження рослиною світлового дня та температурного режиму. Для одних сортів зміщення строків у бік пізніших забезпечує суттєвий приріст урожайності (до 26%), тоді як інші сорти вимагають суворо ранніх або середніх строків.

Взаємодія сорту із дозами добрив та позакореновими підживленнями (наприклад, за схеми $N_{60}P_{60}K_{60}$) дозволяє максимізувати роботу фотосинтетичного апарату та збільшити масу 1000 насінин.

Важливе значення мають едафічні (грунтові) фактори. Насиченість ґрунту гумусом і поживними речовинами (наприклад, на чорноземах опідзолених Лісостепу) стимулює інтенсивний розвиток листкової поверхні певних сортів до 41–42 тис. $m^2/га$.

Наявність специфічних штамів бульбочкових бактерій: Ефективність симбіозу та фіксації азоту з повітря є сортоспецифічною ознакою.

Група стиглості визначає тривалість вегетаційного періоду. Середньостиглі та середньопізні сорти мають найвищу потенційну урожайність (40–50 ц/га), але сильніше залежать від осінніх заморозків, ніж ранньостиглі форми.

Звісно важливою сортовою особливістю є архітектоніка рослини. Висота стебла та висота прикріплення нижнього бобу – це фактори, що визначають стійкість до вилягання та технологічність сорту під час збирання комбайном.

1.4. Технологічні фактори – важливі чинники на шляху до стабільної урожайності сої

Технологічні фактори є головним інструментом агронома, який дозволяє керувати розвитком сої, нівелювати негативний вплив погоди та максимально реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів.

Успішне вирощування сої та формування високих зборів зерна закладається через раціональне розміщення культури в сівозміні. Найкращими попередниками для неї є картопля, овочеві, кукурудза, а також колосові культури (зокрема пшениця озима та яра, ячмінь і жито). Завдяки їхньому вирощуванню ґрунт звільняється від забур'яненості, накопичує достатню кількість вологи та поживних елементів, що гарантує оптимальний фітосанітарний та агрохімічний стан поля для посіву сої [90].

Натомість до несприятливих попередників сої відносять соняшник і суданську траву, які інтенсивно висушують ґрунт і знижують запаси доступної вологи. Це негативно впливає на формування врожаю та може призводити до зменшення продуктивності культури і погіршення якості зерна [91].

Вагоме агротехнічне значення сої полягає в її високій цінності як попередника для наступних ланок сівозміни. Завдяки активному функціонуванню симбіотичного апарату культура збагачує ґрунт біологічним

азотом, що оптимізує його азотний баланс, дозволяє знизити дози мінеральних туків і стимулює відтворення родючості. Поряд із цим після збирання сої покращуються параметри агрофізичного стану ґрунту, зокрема його структурно-агрегатний склад та інфільтраційні властивості, що створює сприятливі умови для подальших агроценозів [91].

Окрему увагу в наукових дослідженнях приділено впливу попередників не лише на врожайність, а й на якість зерна сої. Встановлено, що після кращих попередників підвищується вміст білка та жиру в насінні, що підвищує його кормову та харчову цінність. Найбільш сприятливі результати отримують після зернових культур і картоплі, які не виснажують ґрунт та забезпечують стабільні умови для розвитку кореневої системи сої [92].

Негативний фітосанітарний та агрогідрологічний ефект на посіви сої чинять попередники з потужною кореневою системою, як-от соняшник чи суданська трава. Через активне поглинання ними вологи та елементів живлення створюється дефіцит ресурсів у ґрунті, що гальмує початкові фази вегетації сої. За дефіциту вологи рослини гірше закладають репродуктивні органи, що призводить до недобору врожаю та зниження технологічних якостей отриманого зерна [93].

Аналіз експериментальних даних свідчить, що вирощування сої в ланках сівозмін із короткою ротацією не викликає зниження врожайності зерна культури. Рівень урожайності сої в таких сівозмінах значною мірою визначається як погодними умовами, так і структурою чергування культур. Зокрема, вплив метеорологічних факторів становить 36,6 %, тоді як частка складу ланок і схеми чергування культур досягає 44,3 %.

Експериментально доведено, що в роки з екстремальними гідротермічними умовами середня продуктивність сої знижувалася до 9,6–12,0 ц/га, тоді як за оптимізації погодних чинників цей показник досягав 21,5–22,6 ц/га. Така амплітуда врожайності демонструє суттєву вразливість культури до зовнішнього середовища та вказує на важливість стабілізувальних чинників в агроекосистемах [94].

Попри дискусійність питань оптимізації системи живлення сої, більшість дослідників акцентують на необхідності проведення експериментів на окультурених ґрунтах, диференційованих за гранулометричним складом, показниками рН та вихідним умістом рухомих елементів. Водночас у науковій літературі зазначається, що оцінювання ефективності добрив часто проводиться без належного врахування активності симбіотичного апарату рослин, а це призводить до спотворення реальних даних щодо формування продуктивності культури. [95].

Експериментально доведено, що в умовах дослідного поля Державної агроекологічної академії України на сірих лісових ґрунтах Полісся за оптимізації гідротермічного режиму збір зерна сої може досягати 25 ц/га. Отримані результати засвідчують значні адаптивні можливості культури та її високу продуктивність навіть у межах менш родючих ґрунтово-кліматичних зон у разі чіткого виконання всіх технологічних вимог [96].

Рівень кислотності ґрунтового розчину належить до визначальних чинників ефективного функціонування бобово-ризобіальних систем. Оптимальні умови для максимальної азотфіксувальної здатності більшості штамів бульбочкових бактерій забезпечуються в інтервалі рН 6,5–7,5. Кисле середовище (рН 4,5–5,0) є критичним для мікроорганізмів роду *Rhizobium* і призводить до їхньої загибелі, тоді як у лужному середовищі (рН близько 8,0) процеси їхньої життєдіяльності суттєво лімітуються. Отже, водневий показник ґрунту виступає ключовим регулятором життєздатності та функціональної активності симбіотичної мікрофлори [97].

Залучення під посіви сої середньо- та сильнокислих ґрунтів потребує обов'язкового хімічного меліоранту (вапнування) для оптимізації водневого показника та покращення умов життєдіяльності ризобій. За даними Інституту кормів УААН, у зоні Лісостепу стабільне збирання зерна на рівні 1,85–2,5 т/га досягається завдяки інтеграції вапнування, збалансованого мінерального живлення та передпосівної інокуляції насіння, що комплексно активізує бобово-ризобіальний симбіоз [98, 99].

Культура сої є досить вимогливою до поживного режиму ґрунту. Хоча азот значною мірою засвоюється за рахунок симбіозу з бульбочковими бактеріями, фосфор, калій, магній та інші елементи рослина отримує безпосередньо з ґрунту. Для формування 1 т зерна соя споживає в середньому 77–100 кг азоту, 17–40 кг фосфору та 32–40 кг калію. Незважаючи на високі потреби в елементах живлення, соя порівняно слабше реагує на пряме внесення добрив, ніж деякі інші культури, проте ефективно використовує їх післядію [100, 101].

Потреба сої в добривах значною мірою визначається наявністю доступних елементів живлення у ґрунті. Фосфорні добрива є найбільш ефективними за низького вмісту фосфору (менше 45 кг/га), тоді як калійні добрива доцільні при забезпеченості ґрунту калієм менше 85 кг/га. Таким чином, система удобрення повинна базуватися на агрохімічному аналізі ґрунту та врахуванні біологічних особливостей культури [102].

У відношенні азотного живлення для сої критичним є період приблизно 2–3 тижні до початку цвітіння та 2 тижні після цвітіння, коли нестача азоту призводить до істотного зниження врожайності і не може бути компенсована внесенням азотних добрив у більш пізні фази росту та розвитку рослин [103].

Поширена концепція про автономність бобових культур щодо азотного живлення базується на їхній здатності повністю задовольняти потребу в цьому елементі й формувати високу продуктивність завдяки бобово-ризобіальному симбіозу. За наявності в ґрунті доступних мінеральних форм азоту рослини активно їх ретинізують, проте цей процес супроводжується пропорційним пригніченням біологічної азотфіксації. Таке заміщення фізіологічних джерел живлення нівелює ефект від застосування азотних туків, роблячи їх внесення економічно неефективним [104].

Науковці зазначають, що розробка систем живлення зернобобових культур має бути орієнтована на максимальну інтенсифікацію біологічної фіксації азоту з атмосфери. Натомість застосування значних доз мінеральних азотних добрив чинить інгібувальний вплив на нодуляцію, гальмуючи

розвиток симбіотичного апарату та знижуючи загальну азотфіксувальну здатність сої [105].

За результатами експериментів Інституту кормів УААН встановлено, що диференційоване застосування азотних туків позитивно позначається на продуктивності культури, забезпечуючи окупність кожного кілограма внесеного азоту приростом сирого білка на рівні близько 3,8 кг. Поряд із цим у зазначених умовах ефективність фосфорно-калійного удобрення щодо впливу на показники врожайності виявилася істотно нижчою [106].

За даними зарубіжних досліджень, поверхнєве внесення високих доз азоту (112–148 кг д. р./га) не забезпечувало приросту врожаю сої, а в окремих випадках навіть знижувало його. Подібні результати отримані і на родючих ґрунтах Канади, де ефект від мінеральних добрив був незначним [107]. Слабка реакція сої на мінеральні добрива пояснюється достатнім забезпеченням ґрунтів поживними елементами, оптимальним водним режимом і наявністю активних штамів бульбочкових бактерій. Саме ці фактори визначають ефективність симбіотичної фіксації азоту.

Параметри мінерального живлення сої диференціюють залежно від проведення передпосівної інокуляції насіннєвого матеріалу. Так, у посівах на південних чорноземах та темно-каштанових ґрунтах у разі застосування нітрагіну рекомендовані норми добрив становлять 30–40 кг/га азоту та 60–90 кг/га фосфору, тоді як відсутність бактеризації вимагає підвищення дози азоту в діючій речовині до 100–120 кг/га [108].

Окремі автори відзначають, що надлишкове внесення мінерального азоту може змінювати морфогенез кореневої системи сої та зменшувати кількість бульбочок, що формуються на коренях. Це призводить до зниження частки біологічного азоту в загальному живленні рослини та зменшення ефективності симбіозу [109].

Новітні наукові розробки засвідчують, що впровадження інтегрованих систем живлення сої, базованих на синергізмі біологічних та мінеральних джерел азоту, дозволяє максимізувати насіннєву продуктивність агроценозу

за мінімального антропогенного тиску на довкілля. Застосування цієї стратегії гарантує стабільне формування врожаю та суттєво оптимізує коефіцієнти використання поживних речовин рослинами [110].

Новітні наукові розробки засвідчують, що впровадження інтегрованих систем живлення сої, базованих на синергізмі біологічних та мінеральних джерел азоту, дозволяє максимізувати насіннєву продуктивність агроценозу за мінімального антропогенного тиску на довкілля. Застосування цієї стратегії гарантує стабільне формування врожаю та суттєво оптимізує коефіцієнти використання поживних речовин рослинами. [111].

У працях О. В. Надкерничної, Т. М. Ковалевської та співавторів доведено, що пікові значення продуктивності сої досягаються завдяки поєднанню передпосівної бактеризації насіння із розміщенням посівів на ділянках, де раніше вже культивували цю бобову рослину. В експериментальних умовах відсутність інокуляції лімітувала збір зерна на рівні 18,1 ц/га, тоді як штучне внесення ризобій забезпечило його зростання до 30,2 ц/га. Крім того, у виробничому випробуванні на полях без історії вирощування сої було отримано 23,6 ц/га, у той час як наявність у ґрунті вірулентних спонтанних популяцій бактерій сприяла підвищенню врожайності до 26,1 ц/га та супроводжувалася збільшенням концентрації сирого протеїну в насінні з 46,8 до 50,3% [112].

Економічно виправданою стратегією інтенсифікації вирощування сої є залучення у виробництво високоактивних штамів ризобій, здатних максимізувати потенціал симбіотичної азотфіксації. Інтеграція таких біологічних препаратів у технологічний процес дає змогу суттєво мінімізувати або повністю нівелювати витрати на мінеральні азотні добрива, що безпосередньо підвищує показники рентабельності. Зокрема, у дослідженнях із сортом Витязь 50 використання штамів М-8, Х-9 та 7/Т гарантувало сталий приріст насіннєвої продуктивності в межах 3,6–4,8 ц/га за загального рівня врожайності 25,3–37,6 ц/га. Цей фізіологічний ефект обумовлений оптимізацією трофічного режиму рослин, стимуляцією

ростових процесів та інтенсифікацією формування елементів структури врожаю, насамперед кількості бобів [113].

Результативність передпосівної бактеризації насіння сої суттєво лімітується гідротермічними та едафічними чинниками конкретного регіону. Оскільки в сірих лісових ґрунтах центрального Лісостепу України спонтанні популяції вірулентних соєвих ризобій практично не трапляються, штучне внесення біопрепаратів виступає незамінним агротехнічним заходом. Дослідним шляхом встановлено, що залучення штамів 643б, 640б, Мід 10 та БД-32 гарантувало додатковий збір зерна в діапазоні 2,4–3,9 ц/га, що науково обґрунтовує необхідність інтеграції мікробіологічних засобів у регіональні технології рослинництва [114].

Дієвість застосування мікробіологічних препаратів у посівах сої безпосередньо зумовлена екологічними факторами середовища та щільністю аборигенних ґрунтових ризобій. Брак вірулентних штамів *Bradyrhizobium japonicum* у ризосфері культури різко гальмує процеси нодуляції, що спричиняє дефіцит біологічного азоту та недобір потенційного врожаю зерна. Навпаки, за оптимального гідротермічного й едафічного фону проведення інокуляції гарантує стійку оптимізацію азотного метаболізму та планомірне зростання продуктивності агроценозу [115].

У дослідженнях Геррідж Д. Ф. та ін. встановлено, що мінеральний азот може частково замінювати біологічну фіксацію, проте його надлишок пригнічує утворення бульбочок і знижує активність нітрогенази. У низьких дозах азот може стимулювати початковий ріст рослин, однак не забезпечує довготривалого підвищення продуктивності без участі симбіотичних бактерій [116].

Функціональна здатність мікроорганізмів роду *Bradyrhizobium* суттєво диференціюється за критеріями їхнього генетичного потенціалу та нодуляційної експресії в ризосфері сої. Залучення у виробництво висококонкурентних та агресивних штамів активізує колонізацію кореневої системи, що стимулює продуктивність культури й оптимізує кругообіг азоту

в агрофітоценозі. За рахунок цього в окремих експериментах фіксується збільшення збору зерна на 10–30% відносно неінокульованого контролю [117].

Узагальнені результати трирічних досліджень свідчать, що найвищі показники насінневої продуктивності сої забезпечувалися за умови інтеграції мінерального живлення в дозі $N_{60}P_{60}$ та передпосівної бактеризації насіння ризоторфіном. За такого агротехнічного комплексу сорт Аркадія Одеська сформував 19,73 ц/га, а сорт Альтаір – 19,2 ц/га зерна. Чистий ефект від використання мікробіологічного препарату виражався додатковим збором 2,46 ц/га (14,2%) та 2,63 ц/га (15,9%) відповідно, що науково підтверджує високу функціональність біологічної азотфіксації навіть на тлі застосування промислових туків [118].

У середньому за трирічними даними встановлено, що максимальна врожайність зерна сої досягалася за умови поєднання мінерального удобрення в дозі $N_{60}P_{60}$ та інокуляції насіння ризоторфіном. При цьому сорт Аркадія Одеська формував урожайність 19,73 ц/га, а сорт Альтаір – 19,2 ц/га. Приріст урожаю від інокуляції становив відповідно 2,46 ц/га (14,2 %) та 2,63 ц/га (15,9 %), що підтверджує високу ефективність біологічного азотного живлення навіть за наявності мінерального фону. [118].

Окремо слід відзначити значення фосфорного живлення у формуванні продуктивності сої, оскільки, незважаючи на меншу потребу рослин у фосфорі порівняно з азотом і калієм, цей елемент відіграє ключову роль у ранніх фазах росту. Фосфор починає активно поглинатися кореневою системою вже через 3–5 днів після проростання, а максимальна інтенсивність його засвоєння спостерігається у фазі формування бобів і поступово знижується перед досяганням урожаю. Відомо, що загальна потреба сої у фосфорі значною мірою забезпечується за рахунок його природних запасів у ґрунті та частково за рахунок мінеральних добрив, що вносяться при посіві або основному обробітку ґрунту.

Обґрунтування оптимальних строків сівби та норм висіву сої базується на тому, що продуктивність агрофітоценозу формується як сумарний результат життєдіяльності всього стеблостою на одиниці площі. За значної зрідженості посіву індивідуальний потенціал кожної рослини розкривається максимально, проте валовий збір залишається низьким через малу щільність ценозу. Зі зростанням густоти індивідуальна продуктивність окремої особини падає, але загальна урожайність динамічно збільшується до певного оптимуму, після чого починає редукувати. Отже, як дефіцит, так і надлишок рослин на площі лімітують кінцевий збір зерна.

Експериментально доведено, що розрідження посіву активізує компенсаторну здатність сої до інтенсивнішого гілкування. Натомість надмірне загущення негативно позначається на біохімічних та структурних показниках: знижується концентрація сирого білка в насінні, редукується кількість бобів і насінин на одній рослині, а також маса 1000 насінин. Водночас позитивним наслідком підвищення щільності стеблостою є лінійне зростання висоти закладання нижніх репродуктивних органів [119-122].

Максимізація насіннєвої продуктивності сої досягається шляхом оптимізації просторового розміщення рослин та норми висіву, які диференціюють з урахуванням специфіки конкретного генотипу. Для ультраранніх сортів, що характеризуються слабкою здатністю до розгалуження, вищу ефективність демонструють широкорядний (45 см) та стрічковий (45+15+15 см) методи сівби за умови забезпечення щільності стеблостою на рівні 500–700 тис. шт./га. У разі переходу на суцільний рядковий (15 см) або вузькорядний (7,5 см) способи посіву параметри густоти для цієї групи стиглості доцільно збільшувати до 700–950 тис. шт./га [123, 124].

Висновки до розділу 1:

1. Сучасне виробництво сої в Україні вимагає відмови від шаблонів та переходу до системного керування посівами. Результати численних досліджень доводять, що насіннєва продуктивність та якість зерна цієї культури є результатом складного синергізму між генетичним потенціалом сорту та зовнішніми чинниками. Жоден окремо взятий елемент технології – будь то надсучасний сорт чи висока доза мінеральних добрив не здатен забезпечити стабільний економічний ефект без інтеграції в єдину агротехнічну систему.

2. Гарантом отримання високих і якісних урожаїв сої є науково обґрунтований підбір сортового асортименту, що володіє високим рівнем екологічної пластичності та адаптованості до конкретних умов вирощування.

3. Важливою умовою максимізації продуктивності агроценозу є формування раціональної оптико-біологічної архітекτονіки посіву, яка забезпечує найповнішу утилізацію фотосинтетично активної радіації рослинами протягом вегетації.

4. Біокліматичний потенціал та морфофізіологічні особливості сої свідчать про її високу адаптивну здатність до вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах західного Лісостепу України.

Опубліковані праці за розділом 1:

125. Олійник Ю.А., Шейко І.М. Особливості вирощування органічної сої. «Проблеми використання, збереження та відтворення ґрунтів в умовах сталого розвитку агросфери»: *збірник тез міжнародної наукової конференції «Soils, where food begins», присвяченої всесвітньому дню ґрунтів*, 5 грудня 2022 року. м.Кам'янець-Подільський.2023. С.170-171.

126. Олійник Ю., Іванишин О. Урожайність сої залежно від елементів біологізації. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології в садівництві, овочівництві і виноградарстві»* 22 березня 2024 року. м. Кам'янець-Подільський. С.162-163.

РОЗДІЛ 2

ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні умови

Дослідження проводилися упродовж 2023-2025 років на базі дослідного поля навчально-виробничої лабораторії рослинництва Відокремленого структурного підрозділу «Новоушицький фаховий коледж Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Внаслідок впровадження адміністративно-територіальної реформи 2020 року територію колишнього Новоушицького району було інтегровано до складу укрупненого Кам'янець-Подільського району Хмельницької області разом із земельними масивами колишніх Дунаєвецького та Чемеровецького районів. Географічно досліджуваний регіон локалізований у південно-східній частині Хмельниччини в межах зони Західного Лісостепу України. Згідно з геоморфологічним районуванням, вся площа цієї території приурочена до Подільського плато. Рельєф місцевості характеризується вираженою просторовою диференціацією та видовженістю території з півночі на південь. Для зазначеного регіону властиві сильно розчленована рівнинна поверхня, помірно-континентальний кліматичний режим із відносно сприятливим температурним фоном, а також ґрунтовий покрив із середнім рівнем природної родючості [127].

Гідрографічна мережа досліджуваного регіону характеризується високою густотою річкових артерій та штучних водойм (ставків) за повної відсутності озер природного походження. Південну адміністративну межу території окреслює русло річки Дністер, де функціонує Дністровська ГЕС. Водозабірну систему району формують річки Ушиця, Калюс, Жванчик, Батіг, Данилівка та їхні численні мікропритоки, які належать до басейну Дністра.

Водотоки мають виражену меридіональну спрямованість із півночі на південь, протікають переважно паралельно один одному та утворюють глибоко врізані каньйоноподібні долини. Геоморфологічна будова Придністров'я суттєво відрізняється від центральної частини Хмельниччини. У північній частині регіон репрезентований глибоко та густо розчленованим Вінковоцьким плато з відносно вирівняною поверхнею межиріч, де ерозійні процеси виражені слабо, а річкові долини ще не мають стрімких скелястих схилів. Натомість південна частина представлена сходинчасто-терасованими подністровськими ландшафтами, які за генетико-географічними ознаками ідентифікуються як лісостепові південно-подільського типу [128, 129].

Досліджувана територія, що належить до придністровського (східно-подільського) фізико-географічного типу, відзначається загальним нахилом поверхні у південному напрямку до русла р. Дністер. У меридіональному напрямку спостерігається збільшення глибини врізу субпаралельних долин дністровських приток. При цьому стрімкість схилів зростає, формуючи скелясті урвища з вертикальною амплітудою до 70–90 м, де у відслоненнях фіксуються палеозойські відклади нижнього силуру, ордовика та кембрію. На відміну від Жванецького геоморфологічного району, ці породи тут виходять на денну поверхню. Морфологічна структура прибережної смуги має специфічний вертикально розчленований характер. Гідрографічний вузол поблизу смт Нова Ушиця сформований вісьмома водотоками загальною довжиною 182,8 км (зокрема, рр. Ушиця, Калюс, Жорнівка, Данилівка, Батіг, Глибочок, Хребтіїв, Матірка), які впадають у Дністер крізь глибокі каньйоноподібні долини. Русло р. Дністер уздовж південної межі характеризується високим коефіцієнтом звивистості та наявністю виражених меандрів. Асиметрія берегової лінії виявляється у чергуванні крутих скелястих схилів (крутизною 40–50°) із пологими терасованими ділянками. Регулювання стоку після створення Дністровського водосховища призвело до суттєвого розширення водного дзеркала річки, яке в районі населених пунктів Куражин та Хребтіїв досягає приблизно 3 км.

Кліматичний режим досліджуваної території класифікується як помірно-континентальний, із вираженим мікрокліматичним градієнтом, що зумовлено специфікою рельєфу, експозицією схилів та геологічною будовою місцевості. Наявність стрімких схилів південної орієнтації, сформованих на тепломістких вапнякових відкладах, зумовлює виникнення локальних гідротермічних умов, які за своїми параметрами наближаються до ксеротермічних (степових).

У структурі ґрунтового покриву плакора переважають різні підтипи сірих опідзолених ґрунтів, які сформувалися на лесових відкладах; меншу питому вагу займають чорноземи опідзолені. Специфічною ознакою регіону є наявність дерново-карбонатних ґрунтів, що підстеляються вапняками та гіпсами. Південна частина району характеризується вищим рівнем теплозабезпечення порівняно з північною, що оптимізує агрокліматичний потенціал долин р. Дністер та його лівобережних приток для вирощування високотехнологічних і теплолюбних культур, прискорюючи темпи проходження фенофаз рослин у середньому на 14 діб. Створення Дністровського водосховища викликало трансформацію прибережних ландшафтів, що зумовило необхідність проведення екологічної оптимізації території шляхом заліснення терас і крутосхилів (формування штучних фітоценозів із сосни звичайної та кримської з домінуванням автохтонних широколистих порід – клена, ясена, граба, дуба). Рослинність Придністров'я характеризується високим флористичним різноманіттям, значною концентрацією ендеміків і реліктів, що потребує подальшого детального вивчення [130].

На карбонатних відслоненнях у долині р. Дністер локалізовані реліктові осередки ксерофітної степової флори. Схиліві фітоценози представлені трав'янистим різнотрав'ям та деревно-чагарниковими асоціаціями за участю *Prunus spinosa*, *Crataegus*, *Rhamnus cathartica*, *Cornus mas*, *Quercus petraea*, *Staphylea pinnata*, *Sorbus torminalis* та інших видів, що формують щільний рослинний покрив. Гідрогеологічною особливістю

досліджуваного регіону є висока щільність виходів підземних джерел, зокрема мінералізованих вод із лікувально-профілактичними властивостями, які потребують подальшого моніторингу та соціологічної охорони.

У межах регіону зафіксовано виходи мінеральних вод різного бальнеологічного типу: у с. Браїлівка – гідрокарбонатного типу (аналог «Боржомі»); у с. Отроків – води з терапевтичною дією при нефрологічних патологіях; у с. Зелені Кирилівці – джерела, близькі за хімічним складом до типу «Регіна»; у с. Куражин – води з офтальмологічною специфікою застосування. Загалом Новоушицьке Придністров'я характеризується високим природно-ресурсним потенціалом, що визначається поєднанням родючих агроландшафтів, розвиненої поверхневої гідромережі та багатих підземних водних ресурсів.

Гідротермічний режим досліджуваної території Кам'янець-Подільського (у межах колишнього Новоушицького) району Хмельницької області характеризується параметрами помірно-континентального клімату. Зимовий період відзначається порівняно помірним температурним фоном із середньомісячною температурою січня на рівні -5°C . Літо тепле, середня температура липня становить близько $+19^{\circ}\text{C}$. Екстремальні температурні амплітуди виражені слабо: у літній період максимальні значення рідко перетинають позначку $+29^{\circ}\text{C}$, а взимку зниження температури повітря нижче -16°C має малоповторюваний характер. Переважний середньодобовий діапазон температур протягом року знаходиться в межах від -7°C до $+24^{\circ}\text{C}$. Поєднання м'якої зими та теплого, достатньо зволоженого вегетаційного періоду формує сприятливий агрокліматичний потенціал для інтенсивного ведення рослинництва в регіоні [131].

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Динаміка ростових процесів, етапи органогенезу та рівень кінцевої продуктивності агроценозів сої суттєво детермінуються температурним

режимом ґрунту й повітря, а також показниками вологозабезпеченості. Інтегральним критерієм оцінки співвідношення між термічними ресурсами та умовами зволоження виступає гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який є базовим індикатором при прогнозуванні та формуванні врожайності сільськогосподарських культур.

Важливе фізіологічне значення для рослин має амплітуда коливань між денними та нічними температурами. За умов подовження темного періоду та підвищення нічних температур інтенсифікуються процеси дихання рослин, що зумовлює непродуктивні витрати пластичних речовин (енергетичного матеріалу) на підтримання життєдіяльності. Як наслідок, чиста продуктивність фотосинтезу та загальний рівень урожайності культури знижуються. Таким чином, температурний фактор виступає потужним регулятором не лише загального метаболізму рослинного організму, а й безпосередньо визначає структуру та величину біологічного врожаю [132].

Динаміка ростових процесів, етапи органогенезу та рівень кінцевої продуктивності агроценозів сої суттєво детермінуються температурним режимом ґрунту й повітря, а також показниками вологозабезпеченості. Інтегральним критерієм оцінки співвідношення між термічними ресурсами та умовами зволоження виступає гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який є базовим індикатором при прогнозуванні та формуванні врожайності сільськогосподарських культур [133].

Важливе фізіологічне значення для рослин має амплітуда коливань між денними та нічними температурами. За умов подовження темного періоду та підвищення нічних температур інтенсифікуються процеси дихання рослин, що зумовлює непродуктивні витрати пластичних речовин (енергетичного матеріалу) на підтримання життєдіяльності. Як наслідок, чиста продуктивність фотосинтезу та загальний рівень урожайності культури знижуються. Таким чином, температурний фактор виступає потужним регулятором не лише загального метаболізму рослинного організму, а й безпосередньо визначає структуру та величину біологічного врожаю

Мінімальний термічний поріг для ініціації проростання насіння сої на глибині його закладання становить 6–7 °С, тоді як оптимум знаходиться в діапазоні 15–18 °С. За умов підвищеного температурного режиму та достатнього рівня вологозабезпеченості у післясходовий період спостерігається інтенсифікація вегетативного росту, активне наростання біомаси та скорочення міжфазного періоду до початку цвітіння. Рослини сої на початкових етапах онтогенезу виявляють відносну толерантність до короткочасного зниження температур: весняні приморозки до -2,5 °С, як і осінні екстремуми до -3,0 °С, не чинять деструктивного впливу на формування майбутньої врожайності зерна. Проте зниження температури повітря до -4,0...-4,5 °С є критичним, оскільки призводить до термічного пошкодження (промерзання) асиміляційного апарату й генеративних органів, а також до повної загибелі бобів [134].

Дефіцит термічних ресурсів у міжфазний період «цвітіння – формування насіння» виступає лімітуючим чинником, що суттєво уповільнює темпи онтогенезу сої. Встановлено, що нижня межа температурного оптимуму для закладання та диференціації репродуктивних органів перебуває на рівні 18–19 °С, тоді як максимальна ефективність цих процесів досягається за температури 21–23 °С. Тривалість і специфіка проходження вегетативного та генеративного етапів розвитку тісно корелюють із генотипом і групою стиглості сорту. Зокрема, ультраскоростиглі форми північного екотипу характеризуються підвищеною холодостійкістю, завершуючи вегетацію за кумулятивної суми активних температур у межах 1700–2000 °С. Водночас виявлено високу термочутливість зазначених генотипів: за умов зниженого температурного фону тривалість їхнього онтогенезу може істотно подовжуватися, що зміщує дані сорти до групи середньостиглих або середньопізніх. Таким чином, фактична тривалість вегетаційного періоду конкретного сорту є динамічною величиною, яка детермінується гідротермічними умовами року вирощування, а загальний запит культури на суму активних температур коливається від

1700 до 3200 °C залежно від біологічних особливостей сортотипу [135].

Рослини сої характеризуються високим рівнем вимогливості до умов вологозабезпеченості, при цьому критичний період водоспоживання припадає на фази цвітіння та формування бобів. Для забезпечення оптимального перебігу ростових процесів вологість ґрунту в міжфазний період «сходи – початок цвітіння» має підтримуватися на рівні 70% від найменшої вологомісткості (НВ); на етапах формування та наливу насіння цей показник має зростати до 80% НВ, а в період дозрівання – знижуватися до 60–70% НВ за умови відповідного температурного режиму [136].

Встановлено, що для формування врожайності зерна на рівні 3,0 т/га сумарне водоспоживання агроценозу сої становить 5,0–5,5 тис. м³/га, що суттєво перевищує аналогічні потреби зернових колосових культур. Транспіраційний коефіцієнт сої є відносно високим і в середньому коливається в межах 600–700 (у деяких дослідженнях – 500–600). Цей індекс, що відображає витрати води на продукування 1 г сухої речовини, відзначається значною лабільністю впродовж вегетації (від 239 до 989) та детермінується етапом онтогенезу і гідротермічними чинниками довкілля [136].

Наші дослідження закладались впродовж 2023-2025 років. Погодні умови зв цей період дещо різнилися за температурними режимами та розподілом опадів впродовж вегетаційного періоду сої.

Сівбу сої у всі роки досліджень проводили у III декаді квітня.

У 2023 році погодні умови в цілому були досить сприятливими для формування урожайності сої.

Весна 2023 року характеризувалася тривалим нагромадженням вологи в ґрунті через рясні дощі у березні та першій половині квітня. За встановлення оптимальних температур наприкінці квітня – на початку травня (+15...+18 °C) запаси продуктивної вологи забезпечили дружню та вирівняну появу сходів сої на всіх варіантах досліду.

Червень–початок липня, коли відбувається інтенсивний вегетативний ріст рослин сої, відзначився помірними температурами та достатнім рівнем зволоження. Такі умови сприяли активному наростанню вегетативної маси, формуванню потужного асиміляційного апарату та інтенсивному закладанню репродуктивних органів (бутонізації). У цей період проявилися суттєві переваги способу сівби за типом twin row (двострічковий): завдяки оптимізованій площі живлення рослини швидше перекривали міжряддя, що мінімізувало непродуктивне випаровування вологи з поверхні ґрунту.

Під час цвітіння-формування бобів сої також була достатня кількість вологи у липні – 70,6мм, серпні – 77,8 мм. За вересень випало 29,1 мм опадів, що дало змогу вчасно зібрати урожай сої за вологості зерна 14% (рис. 2.1).

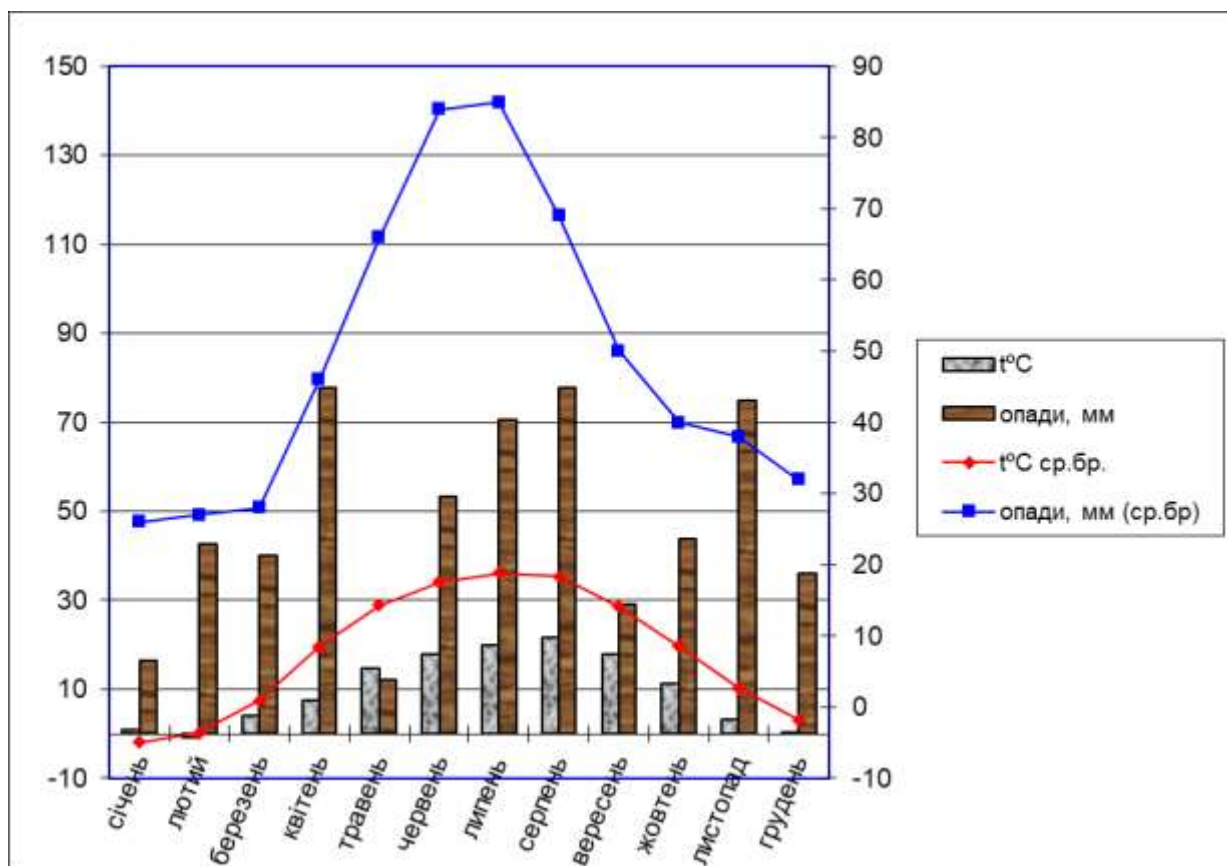


Рис.2.1. Метеорологічні умови 2023 року

(за даними Хмельницької обласної метеорологічної станції)

Технологія twin row у посушливих умовах другої половини літа продемонструвала значну перевагу над класичним широкорядним способом. Завдяки рівномірнішій геометрії посіву та ефекту «самозатінення» всередині канопі (рослинного намету), у здвоєних рядках сформувався більш м'який мікроклімат. Це знизило температуру повітря в зоні бобоутворення на 1,5–2,0 °С порівняно з широкими міжряддями, зменшило витрати пластичних речовин на нічне дихання та дозволило рослинам краще зберегти потенціал продуктивності.

Погодні умови 2024 року забезпечили можливість проведення сівби сої в оптимальні агротехнічні строки – у третій декаді квітня. Продуктивні запаси вологи в ґрунті виявилися достатніми для формування дружніх і вирівняних сходів культури; сумарна кількість опадів за квітень становила 52,5 мм, що на 6,5 мм перевищувало середні багаторічні показники (рис. 2.2).

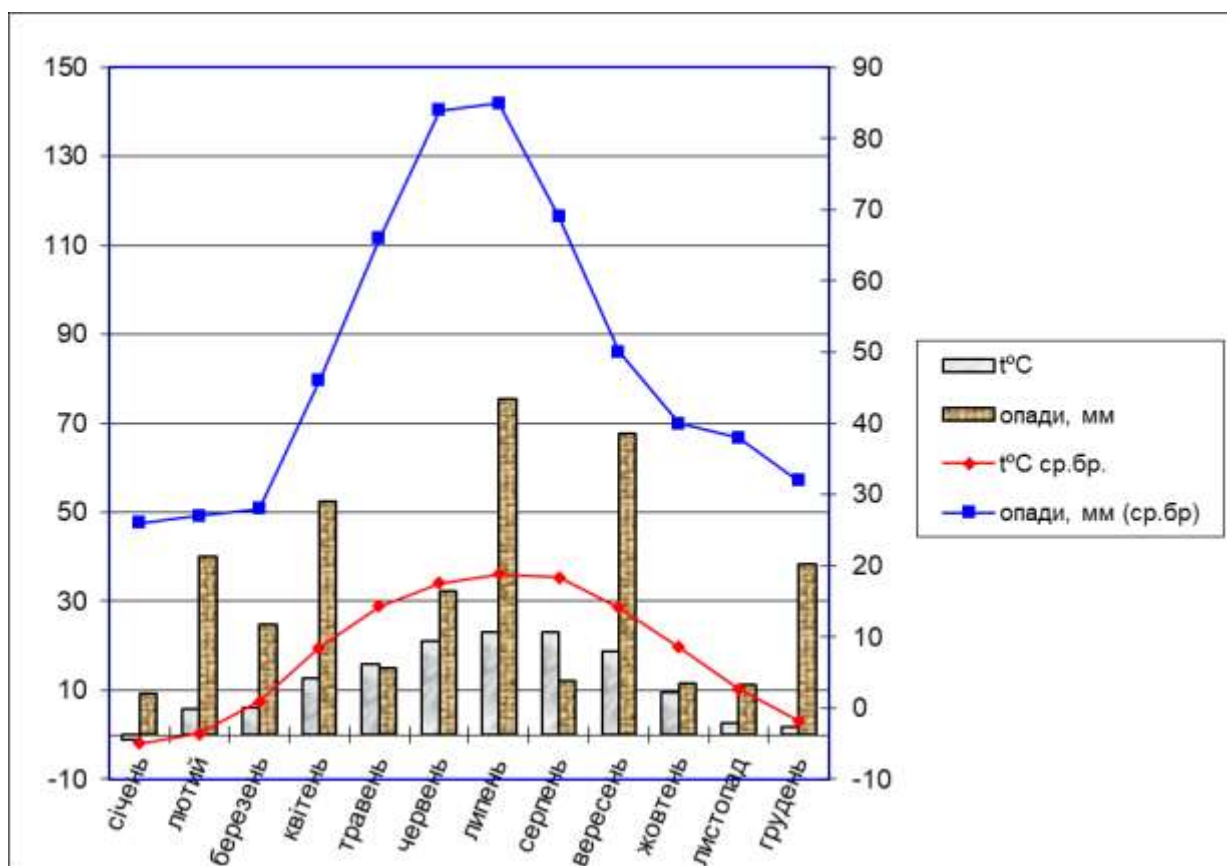


Рис.2.2. Метеорологічні умови 2024 року

(за даними Хмельницької обласної метеорологічної станції)

На початкових етапах органогенезу рослин спостерігався сприятливий гідротермічний режим: середня температура повітря у травні становила 16,0 °С за обсягу атмосферних опадів на рівні 66,0 мм. Протягом літнього періоду зафіксовано суттєву позитивну флуктуацію температурного тла – середньомісячні показники коливалися в межах 21,1–23,2 °С, що на 3,5–4,8 °С вище за кліматичну норму.

Розподіл літніх опадів відзначався нерівномірністю. У червні випало 32,4 мм опадів, а в липні – 75,4 мм, що було менше за середні багаторічні значення на 51,6 та 9,6 мм відповідно. Попри дефіцит вологи, сформовані умови виявилися задовільними для росту рослин сої, які сформували високий рівень індивідуальної продуктивності. Серпень охарактеризувався жорстким дефіцитом зволоження: обсяг опадів становив лише 12,0 мм за середньодекадної норми 69,0 мм. Вересневий період відзначився підвищеним термічним режимом порівняно з іншими роками досліджень та багатовіковою нормою, проте періодичні атмосферні опади нівелювали ризик температурної деструкції рослин та оптимізували умови завершення їхньої вегетації.

Зимово-весняний період 2025 року пройшов на тлі підвищених температур: січень виявився аномально теплим (+2,1 °С, відхилення +7,0 °С), лютий характеризувався мінливим режимом із середньою температурою +3,8 °С (рис. 2.3), а березень перевищив кліматичну норму на 5,8 °С (+6,7 °С) за умов дефіциту опадів. Квітнєве потепління відбувалося прискореними темпами, а рівень зволоження (40,0 мм) наблизився до норми (рис. 2.3).

Травнева вегетація проходила в критично несприятливих умовах через аномальне похолодання до +10,5 °С (на 3,8 °С нижче за багаторічні дані) та нічні приморозки до -1,0 °С. Літній період відзначився дисбалансом зволоження. Червень пройшов за підвищеного тепла (+19,2 °С) та значного дефіциту вологи (опади – 40,0 мм, що на 44,0 мм нижче за норму).

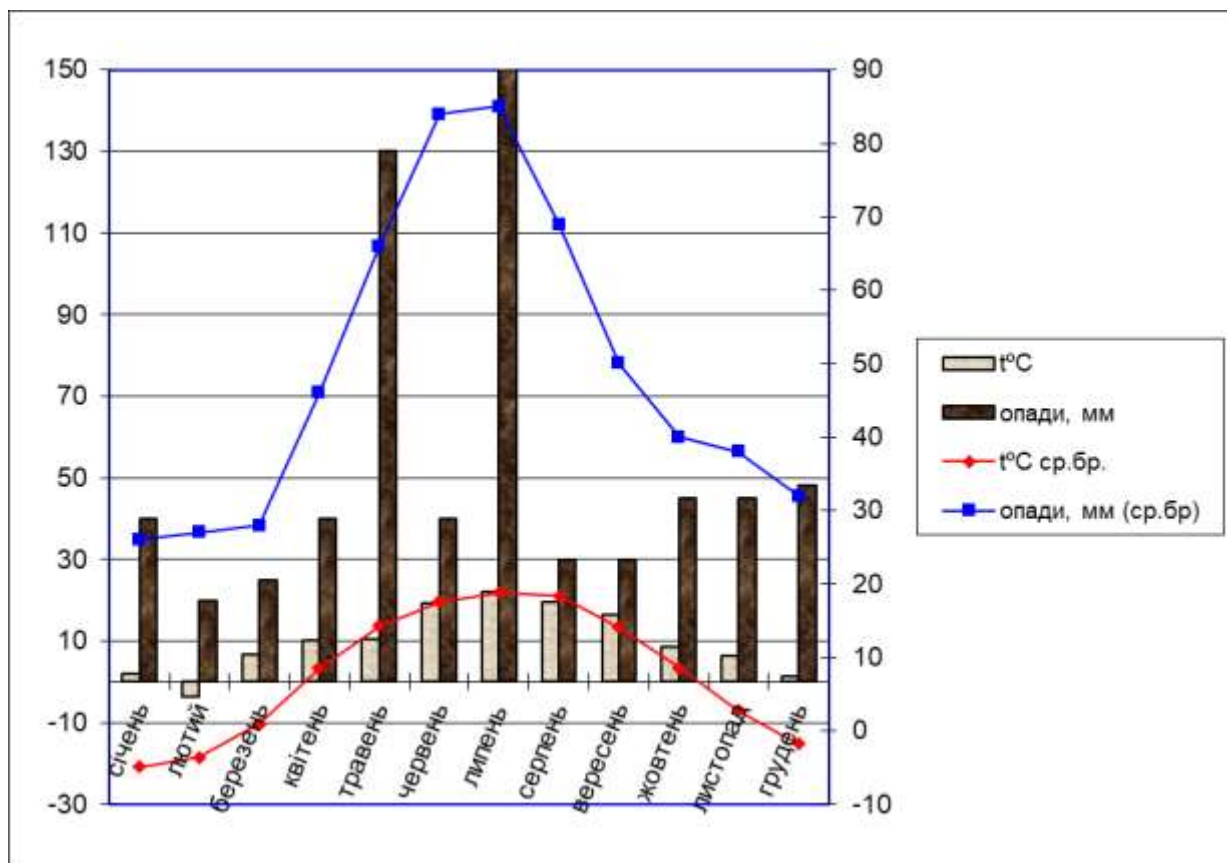


Рис.2.3. Метеорологічні умови 2025 року

(за даними Хмельницької обласної метеорологічної станції)

Липень став найспекотнішим місяцем (+22,1 °C, або +3,3 °C до норми) з проливними дощами, сума яких становила 200,0 мм (перевищення норми на 115,0 мм). Наприкінці вегетації (серпень–вересень) зафіксовано плавне зниження температур за істотного (майже на 50%) дефіциту атмосферних опадів

Найбільш сприятливими для формування урожайності досліджуваних сортів сої були умови 2023 року, дещо менш сприятливими – 2025 рік та найменш сприятливими 2024 року. Проте, впродовж років досліджень із застосуванням нових елементів технології вирощування та підбір високопродуктивних сортів, дало можливість отримати високі урожаї зерна сої, які на кращих варіантах 2023 року можна назвати – рекордними.

2.3. Характеристика ґрунтових умов дослідного поля

Ґрунти поля, на якому закладались дослідження – темно-сірі опідзолені, які є домінуючими у Новій Ушиці. Ці ґрунти є найціннішими агроекологічними об'єктами для вирощування зернобобових культур.

Ґрунтовий профіль та структура: ґрунти мають глибокий гумусовий горизонт (55-65 см) із добре вираженою дрібногрудочкуватою структурою. Вони менше схильні до запливання, ніж ясно-сірі різновиди.

Вміст гумусу: у верхньому (орному) шарі варіює в межах (2,5-3,2%), що забезпечує стабільний потенціал азотного живлення рослин.

Ґрунт характеризується слабкокислою реакцією (рН 5,1-5,6). Гідролітична кислотність помірна.

Темно-сірі опідзолені ґрунти мають високий і середній рівень забезпеченості рухомими формами фосфору (100-140 мг/кг ґрунту) та обмінним калієм (120-160 мг/кг) ґрунту за Кірсановим-Чириковим.

Щільність орного шару коливається в межах 1,2-1,42 г/см², тоді як в ілювіальних горизонтах вона становить 1,40-1,50 г/см². Вміст гумусу в орному шарі сягає 2,0-3,5% [137].

Якісний склад гумусу визначається як фульватно-гуматний. Гідролітична кислотність варіює в межах 0,2-3,8 мекв на 100 г ґрунту. Сума увібраних основ становить 12-22 мекв на 100 г ґрунту, а ступінь насиченості основами досягає 80-90%. Рівень забезпеченості поживними елементами оцінюється як середній: вміст валового азоту становить 0,14-0,19%, фосфору – 0,11-0,25%, калію – 2,0-2,4%. Загальний показник родючості коливається в межах 56-92 балів [138, 139].

Оптимізація поживного режиму та підвищення родючості темно-сірих опідзолених ґрунтів безпосередньо пов'язані з раціональним застосуванням мінеральних добрив, особливо фосфорним. Це зумовлено тим, що валовий фосфор у зазначеному підтипі ґрунтів здебільшого акумульований у формі важкорозчинних і малодоступних для кореневої системи рослин мінеральних

фосфатів заліза. Попри високий рівень природної забезпеченості біотопу обмінним калієм, внесення калійних добрив – особливо за умови їхнього збалансованого поєднання з азотними та фосфорними компонентами – забезпечує вагомий економічний та агротехнічний ефект.

2.4. Схема і методологія досліджень

Для досягнення поставленої мети досліджень було поставлено ряд завдань, які виконувались шляхом виконання трифакторного дослідження, який супроводжувався проведенням спостережень, обліків та аналізів згідно загальноприйнятих методик закладання польового дослідження та виконання аналізувань.

Закладався трьохфакторний дослід. Фактор А – сорт (Моцарт (ультраранній), Сяйво (середньоранній), Сенсор (середньостиглий); фактор В – спосіб сівби: широкорядний (45 см), twin row або двострічковий (19×38 см); фактор С – норма висіву насіння (400, 500, 600, 700 тис. насінин / га). За контроль взято сортостандарт Моравія (середньостиглий), спосіб сівби – широкорядний (45 см), норма висіву насіння – 500 тис. насінин / га. Схему дослідження показано в таблиці 2.1.

Загальна площа дослідної ділянки становила 36 м², облікова – 25 м². Попередником сої була пшениця озима. Мінеральні добрива вносили навесні, під передпосівну культивування, відповідно до схеми дослідження.

Під осінню зяблеву оранку вносили P₉₀K₉₀, навесні – під передпосівну культивування вносили N₃₀, оскільки вищі норми внесення азоту є недоцільним, оскільки це блокує розвиток симбіотичного апарату – бактерії «лінуються» фіксувати атмосферний азот, якщо є надлишок в ґрунті. P₁₅ – вносили у рядки під час сівби.

Таблиця 2.1

Схема дослідів

Фактор А – сорт	Фактор В – спосіб сівби	Фактор С – норма висіву насіння	Шифр варіанту
Моравія (середньоранній) St	широкорядний (45 см)	500	контроль
Моцарт (ультраранній)	широкорядний (45 см)	400	A ₁ B ₁ C ₁
		500	A ₁ B ₁ C ₂
		600	A ₁ B ₁ C ₃
		700	A ₁ B ₁ C ₄
	twin row або двострічковий (19×38 см)	400	A ₁ B ₂ C ₁
		500	A ₁ B ₂ C ₂
		600	A ₁ B ₂ C ₃
		700	A ₁ B ₂ C ₄
Сяйво (середньоранній)	широкорядний (45 см)	400	A ₂ B ₁ C ₁
		500	A ₂ B ₁ C ₂
		600	A ₂ B ₁ C ₃
		700	A ₂ B ₁ C ₄
	twin row або двострічковий (19×38 см)	400	A ₂ B ₂ C ₁
		500	A ₂ B ₂ C ₂
		600	A ₂ B ₂ C ₃
		700	A ₂ B ₂ C ₄
Сенсор (середньостиглий)	широкорядний (45 см)	400	A ₃ B ₁ C ₁
		500	A ₃ B ₁ C ₂
		600	A ₃ B ₁ C ₃
		700	A ₃ B ₁ C ₄
	twin row або двострічковий (19×38 см)	400	A ₃ B ₂ C ₁
		500	A ₃ B ₂ C ₂
		600	A ₃ B ₂ C ₃
		700	A ₃ B ₂ C ₄

Характеристика сортів**Сорт сої Моравія**

Оригігатор та походження: сорт канадської селекції, створений відомою компанією Semences Prograin Inc. (Канада). Внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, із рекомендацією вирощування в зонах Полісся, Лісостепу та Степу.

Належить до середньоранньої групи. Тривалість вегетаційного періоду в умовах України становить 122–135 днів залежно від гідротермічних умов року.

Сорт відзначається високою стійкістю до вилягання та оптимізований для вирощування на родючих і добре удобрених ґрунтах. Має генетичну стійкість до розтріскування бобів та осипання насіння за тривалого перебування на пні на стадії повної стиглості. Характеризується високою енергією початкового росту, що забезпечує швидке затінення міжрядь та пригнічення бур'янового компоненту.

Сорт толерантний до повітряної та ґрунтової посухи. Виявляє високу стійкість до ураження збудниками білої та сірої гнилей, фузаріозу та бактеріоспороз

Сорт сої Моцарт

Оригігатор та походження: сорт німецької селекції, створений провідною європейською селекційною компанією DSV (Deutsche Saatveredelung AG). Внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, у 2019 році. Рекомендований для вирощування в зонах Полісся та Лісостепу.

Належить до ранньостиглої групи (за міжнародною класифікацією група стиглості - дуже ранній). Тривалість вегетаційного періоду в умовах Лісостепу України становить 111–122 доби. Це забезпечує сорту стабільне дозрівання і дозволяє використовувати його як відмінного попередника під посів озимих зернових культур.

Характеризується дуже високою стійкістю до вилягання (8–9 балів) завдяки міцному стеблу, а також стійкістю до розтріскування бобів (8–9 балів) за умов перестою. Має сильну енергію стартового росту й високу толерантність до посухи (7–8 балів).

Має генетичну стійкість до фітофтори (набір генів *Rps 1c*). Офіційно оцінений у 9 балів за стійкістю до пероноспорозу, аскохітозу, септоріозу, бактеріозу та фузаріозу

Сорт сої Сяйво

Оригігатор та походження: створений науковцями Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН України» (сmt Чабани, Київська обл.). Внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Рекомендований для вирощування в зонах Полісся та Лісостепу.

Належить до ранньостиглої групи (тривалість вегетаційного періоду в умовах Західного Лісостепу становить 110–120 днів залежно від гідротермічних умов року). Сорт характеризується високою фотоперіодичною стабільністю, що забезпечує дружнє дозрівання посівів у першій половині вересня.

Завдяки еластичному та міцному стеблу сорт має високу оцінку стійкості до вилягання (8–9 балів). Стійкість до розтріскування бобів та осипання насіння висока (8 балів), що зменшує ризики при збиранні у вологі роки.

Виявляє добру толерантність до короткочасних періодів повітряної та ґрунтової посухи завдяки глибокій та розгалуженій кореневій системі. Характеризується польовою стійкістю до основних грибкових та бактеріальних патогенів: аскохітозу, антракнозу, пероноспорозу (несправжньої борошнистої роси) та бактеріального опіку.

Сорт сої Сенсор

Сорт американської селекції (бренд AsGrow), створений міжнародною компанією Monsanto. Рекомендований для вирощування в основних соєсiючих регіонах України – зонах Лісостепу, Полісся та Степу.

Належить до середньостиглої (середньоранньої) групи. Тривалість вегетаційного періоду в умовах України становить 115–117 днів. Потреба в кумуляції тепла (сума ефективних температур CHU) становить 2650 одиниць. Завдяки стабільному дозріванню у першій декаді вересня сорт виступає надійним попередником під посів озимих зернових культур.

Має максимальний бал стійкості до спеки та повітряної посухи (9 балів), що дозволяє стабілізувати врожайність в умовах температурних аномалій другої половини літа.

Попри високе стебло (до 120 см), сорт має міцну соломку і характеризується високою стійкістю до вилягання посівів та розтріскування бобів при перестой (9 балів). Виявляє відмінну стійкість (9 балів) до ураження збудниками аскохітозу, септоріозу та бактеріального опіку (бактеріозу). [140].

Для досягнення поставленої мети застосовували комплекс польових і лабораторних методів досліджень, регламентованих чинними стандартами [141, 142]. Агрохімічні властивості ґрунту оцінювали у зразках, відібраних перед розгортанням польового досліду згідно з ДСТУ 4287-2004. Лабораторний аналіз передбачав детекцію вмісту гумусу (ДСТУ 4287-2004), визначення актуальної кислотності (рН) потенціометричним шляхом (ДСТУ ISO 10390:2001) та гідролітичної кислотності за Каппеном (у модифікації ЦІНАО). Забезпеченість ґрунту поживними елементами встановлювали шляхом розрахунку кількості лужногідролізованого азоту (метод Корнфілда), а також рухомих форм фосфору і калію за модифікованим методом Чірікова (ДСТУ 4115-2002) [143, 144].

Динаміку онтогенезу культури оцінювали візуально під час систематичних фенологічних обстежень. У посівах сої реєстрували настання фази повних сходів (винесення сім'ядолей на поверхню з формуванням виражених рядків), старту цвітіння (розпускання перших квіток) та його фіналу (деградація зачатків суцвіть у пазухах верхнього ярусу листя, коли квіти зберігалися лише на поодиноких екземплярах). Окрім цього, відмічали етап досягання, орієнтуючись на зміну кольору перших бобів (пожовтіння/побуріння) та набуття насінням типового для сорту забарвлення. Календарні строки початку фенофази записували, коли в неї вступало 10–15% рослин, тоді як повну фазу реєстрували за наявності відповідних ознак у 70–75% ценозу [145].

Визначення густоти стояння рослин виконували у два строки: у фазу повних сходів та перед збиранням урожаю. Дані першого обліку у поєднанні з нормою висіву використовували для аналізу польової схожості насіння, тоді як передзбиральні показники дозволяли з'ясувати рівень збереженості рослин за період вегетації. Параметри щільності посіву встановлювали вибіркоким методом. Для цього по діагоналі облікової ділянки виділяли відрізки у кожному рядку, довжину яких знаходили шляхом ділення загального лінійного розміру ділянки на кількість рядків. Загальну кількість рослин на ділянці та підсумкову густоту для кожного варіанта дослідів розраховували шляхом множення суми облікованих на відрізках рослин на кількість рядків у посіві [146].

Біометричні вимірювання висоти проводили на 25 типових екземплярах рослин, які заздалегідь маркували за допомогою фіксувальних кілочків. Обліки здійснювали у триразовій повторності на двох просторово розділених (несуміжних) ділянках дослідів [147, 148].

Оцінку площі асиміляційного апарату рослин здійснювали за методом висічок. На кожній ділянці зрізали та зважували все листя з модельної групи у 20 типових рослин. Потім загостреним металевим циліндром формували вибірку з 50 висічок (із сумарною площею від 20 см²). Після встановлення маси висічок загальну площу листової поверхні (П, см²) розраховували за математичним виразом:

$$П = (М \times п \times к) / м,$$

де П – загальна площа листків у пробі, см²;

М – маса листя в пробі, г;

п – площа однієї висічки, см²;

к – кількість висічок, шт.;

м – маса висічок, г.

Фотосинтетичний потенціал визначали за загальноприйнятою методикою [149]. Елементи структури врожаю оцінювали відповідно до «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур».

Вміст олії та білка визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора SupNir 2750.

Облік урожаю здійснювали способом подільного суцільного обмолоту за допомогою малогабаритного комбайна. За наявності нетипових місць на ділянках виділяли виключки. Для запобігання потраплянню стороннього зерна до основного облікового масиву, збирання розпочинали з попереднього скошування захисних смуг та виключок. Урожай із базових площ збирали методом прямого комбайнування.

Масу 1000 насінин знаходили зважуванням двох дублювальних наважок по 500 одиниць насіння (точність вимірювання становила 0,01 г). У разі, коли відхилення між цими двома показниками перевищувало 3%, здійснювали контрольний відбір і зважування третьої порції насіння [150, 151].

Оцінювання економічних та енергетичних параметрів ефективності вирощування сої здійснювали за загальноприйнятими методиками з використанням нормативної бази О.К. Медведовського, П.І. Іваненка, А.В. Черенкова, В.С. Рибки та ін. [152-153]. Розрахунки виконували шляхом калькуляції прямих грошових вкладень відповідно до розроблених технологічних карт. Біоенергетичний коефіцієнт визначали як математичне відношення кількості енергії, що міститься в головній та побічній продукції, до сукупних антропогенних витрат енергії на її отримання.

Фінансову вартість засобів виробництва (насіння, добрив, ПММ) та отриманого зерна сої встановлювали у грошовому еквіваленті за оптовими цінами, що були актуальними на 01.01.2025 р.

Математичну верифікацію та аналіз результатів польових досліджень здійснювали шляхом застосування методів математичної статистики, зокрема дисперсійного та кореляційного аналізів. Експериментальні дані обробляли з чітким дотриманням вимог, регламентованих у «Методиці польового дослідження» та посібниках із «Комп'ютерних методів у сільському господарстві та біології». Комп'ютерне моделювання та розрахунок статистичних помилок

виконували в середовищі сучасних програмних пакетів Statistica, Excel та Sigma [154-157].

Оцінку погодних умов упродовж 2023-2025 років проводили на основі матеріалів Хмельницької обласної метеорологічної станції.

Висновки до розділу 2:

1. Погодні та ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень були типовими для зони Лісостепу західного з помірно-континентальним кліматом.

2. Гідротермічний режим у роки проведення досліджень (2023–2025 рр.) загалом виявився сприятливим для сої та відповідав її біологічним особливостям. Це дозволило рослинам повноцінно пройти всі етапи онтогенезу, сформувати високу продуктивність і зерно з належними якісними характеристиками. Певні коливання температурних показників та нерівномірність розподілу опадів по місяцях вегетації не спричинили критичного деструктивного впливу на підсумкову врожайність. Водночас наявність специфічних погодних відмінностей між роками досліджень дозволила об'єктивніше та всебічно проаналізувати ефективність досліджуваних чинників.

3. Комплекс агротехнічних заходів у досліді базувався на зональних рекомендаціях і відповідав загальноприйнятій технології вирощування культури, окрім чинників, які безпосередньо вивчалися в експерименті.

4. Обрана методологія досліджень повністю узгоджувалася з науковою гіпотезою роботи, а отриманий масив експериментальних даних, обліків та аналізів є надійною базою для теоретичного й практичного вдосконалення елементів вирощування сої. Це дозволяє оптимізувати технологічні процеси через раціональний підбір сортового складу, норм висіву та способу сівби.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ТА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ

3.1. Морфометричні показники сої

Соя культурна (*Glycine max* (L.) Merr.) належить до родини Бобових (*Fabaceae*), підродина Метеликових (*Faboideae*), роду Соя (*Glycine* L.). Це однорічна трав'яниста культурна рослина з чітко вираженими морфологічними та біологічними ознаками органів.

Коренева система сої – стрижневого типу. Вона складається з добре розвиненого головного кореня, який здатний заглиблюватися в ґрунт на глибину до 1,5–2,0 метрів, та численних бічних корінців першого і наступних порядків, які зосереджені переважно в орному шарі ґрунту (на глибині 0–30 см). На корінні сої вступають у симбіоз бульбочкові бактерії (*Bradyrhizobium japonicum*). Вони фіксують молекулярний азот з атмосферного повітря, перетворюючи його на доступну для рослин аміачну форму, що забезпечує значну частину потреби культури в азотному живленні.

Стебло сої – прямостояче, грубе, округле або ребристе, схильне до розгалуження. Залежно від сорту та умов вирощування (зокрема, густоти посіву та рівня зволоження), висота стебла коливається від 40–50 см до 100–120 см і більше [158].

З пазух нижніх листків утворюються бічні пагони (від 1 до 5–8 штук). Стебло, гілки та боби зазвичай густо вкриті жорсткими волосками (опушенням) білого, сірого або рудого (бурого) кольору, що виконує захисну функцію проти надмірного випаровування води та шкідників. За типом росту

сортів поділяють на детермінантні (з обмеженим ростом) та індетермінантні (із тривалим ростом стебла під час цвітіння).

Листковий апарат сої характеризується гетерофілією (різнолистковістю): сім'ядольні та перші листки, трійчасті листки.

При з'явленні сходів над поверхнею ґрунту розкриваються два м'ясисті зелені сім'ядольні листки. Перша пара справжніх листків, що утворюється над ними, є простими (однолистковими), супротивними, серцеподібної або овальної форми. Усі наступні листки є черговими, складними, трійчастими, з довгими черешками та невеликими прилистками. Окремі листочки у складному листку мають овальну, яйцеподібну або ланцетну форму. Листки сої мають високу фотосинтетичну активність, а під час настання повної стиглості (у більшості сортів) вони повністю жовтіють і опадають, що полегшує комбайнове збирання [159].

Квітки сої – дрібні, майже безпахові, типової метеликової будови. Віночок може бути білим, рожевим, фіолетовим або синьо-фіолетовим (колір квітки є чіткою сортовою ознакою). Квітки зібрані у суцвіття – пазушні кисті (грона), які закладаються у пазухах листків. Кількість квіток у гроні варіює від 2–3 до 10–15 штук і більше.

Соя є типовим самозапилювачем. Запилення квітки відбувається ще в закритому бутоні (клеистогамія) до моменту розкриття пелюсток, що зводить ризик перехресного запилення до мінімуму (менше 1%).

Плід сої – боб, який залежно від сорту буває прямим, серпоподібним або слабковигнутим, стиснутим з боків. Забарвлення стиглих бобів варіює від світло-жовтого і сірого до темно-бурого та чорного. У кожному бобі зазвичай закладається від 1 до 4 (найчастіше 2–3) насінин. Висота прикріплення нижнього бобу від поверхні ґрунту є критичним морфологічним показником для механізованого збирання.

Насіння сої має кулясту, овальну, видовжену або дещо стиснуту форму. Поверхня насінини переважно гладенька, матова або блискуча. Забарвлення насіннєвої оболонки буває жовтим, зеленим, коричневим або чорним

(найбільш поширене в культурі – жовте). Важливою сорторозрізняльною ознакою є рубчик (місце прикріплення насінини до фунікулуса бобу), який може бути лінійним або овальним, а за кольором – однотонним із оболонкою, світлим, коричневим або чорним. Насіння сої вирізняється високим вмістом білка (35–45%) та рослинної олії (18–25%) [158].

Біометричний аналіз показав, що різниця за морфометричними показниками залежно від сортових особливостей сої, способу сівби та норми висіву насіння була між окремими варіантами досить істотна.

При визначенні висоти рослин, можна констатувати наступне: за широкорядного способу сівби рослини сої були більш високорослими, ніж за дворядкового (за типом *twin row*). Це пояснюється базовими законами конкуренції рослин у ценозі за світло та площу живлення.

За широкорядного способу сівби рослини були вищі. Це пояснюється конкуренцією за світло (етиюлювання стебла): За широкорядного способу сівби (із міжряддям 45 см) рослини сої у самому рядку розміщені щільно (набагато ближче одна до одної). Через високу густоту всередині рядка виникає дефіцит сонячного світла в нижньому ярусі. Це стимулює синтез гормонів росту (ауксинів), що змушує стебло інтенсивно тягтися вгору (витягуватися або етиюлювати). Оскільки рослини затиснуті в одному вузькому рядку, вони практично не утворюють бічних пагонів. Уся енергія росту спрямовується виключно в головне стебло, що збільшує загальну висоту рослини.

У посіві за типом *twin row* рослини були дещо нижчі. Рівномірний розподіл площі живлення: двострічковий спосіб сівби передбачає висів насіння у два зближені рядки замість одного суцільного широкого рядка. Це дозволяє «розосередити» рослини, збільшивши відстань між ними безпосередньо в зоні росту. Відбувається оптимальна інсоляція (освітленість): кожна рослина отримує більше простору та сонячного світла з ранніх етапів вегетації. Зникає потреба конкурувати із сусідніми рослинами

за виживання, тому стебло росте товщим, міцнішим і стійкішим до вилягання, але має меншу загальну висоту.

Отримавши більше світла, соя активніше закладає бічні пагони, тобто розвивається в ширину, а не лише у висоту.

За способу twin row рослини були дещо нижчими, кремезнішими (більший діаметр стебла), із розвиненим гілкуванням, що позитивно впливає на кількість бобів на одній рослині та стійкість до вилягання.

Так, висота рослин сої в нашому досліді за широкорядної сівби коливалась в межах 78,3-116,7 см, за двострічкового – 72,5-112,4 см залежно від сорту та норми висіву насіння (рис. 3.1). На контрольному варіанті (сорт Маріан, широкорядний спосіб сівби та норма висіву насіння 500 тис. шт/га) висота рослин сягала 95,2 см.

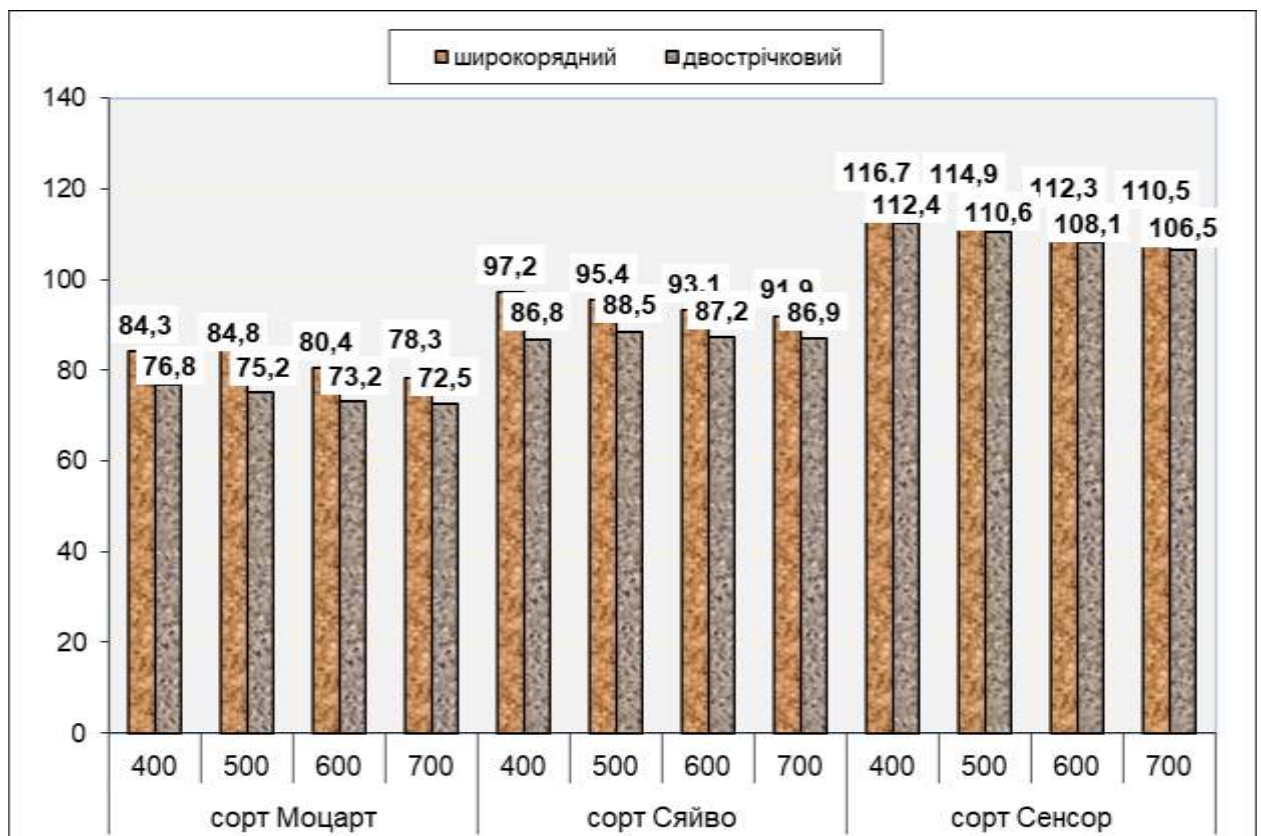


Рис. 3.1. Висота рослин різностиглих сортів сої залежно від способу сівби і норми висіву насіння, см (середнє за 2023-2025 рр.).

Максимально високорослі рослини були у сорту сої Сенсор, показники коливались в межах 106,5-116,7 см. Найменш високорослі – у сорту в ультра раннього сорту 72,5-84,8 см. Таким чином, найбільш високорослі рослини 116,7 см були у сорту сої Моцарт на варіанті сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 400 тис. шт/га. Проте, висота рослин в поєднанні із факторами: спосіб сівби та норма висіву насіння не є вирішальним чинником у формуванні продуктивності рослин, оскільки, як вказано вище, найбільш високорослі рослини характеризувались більш витонченим стеблом і менше гілкувались і в кінцевому результаті – менше плодоносили.

На контрольному варіанті висота рослин становила 95,2 см, доцільно подати відхилення від контролю. Отже, у розрізі варіантів досліджень, відхилення у сторону зменшення було в межах -2,1-22,7 см (рис. 3.2).

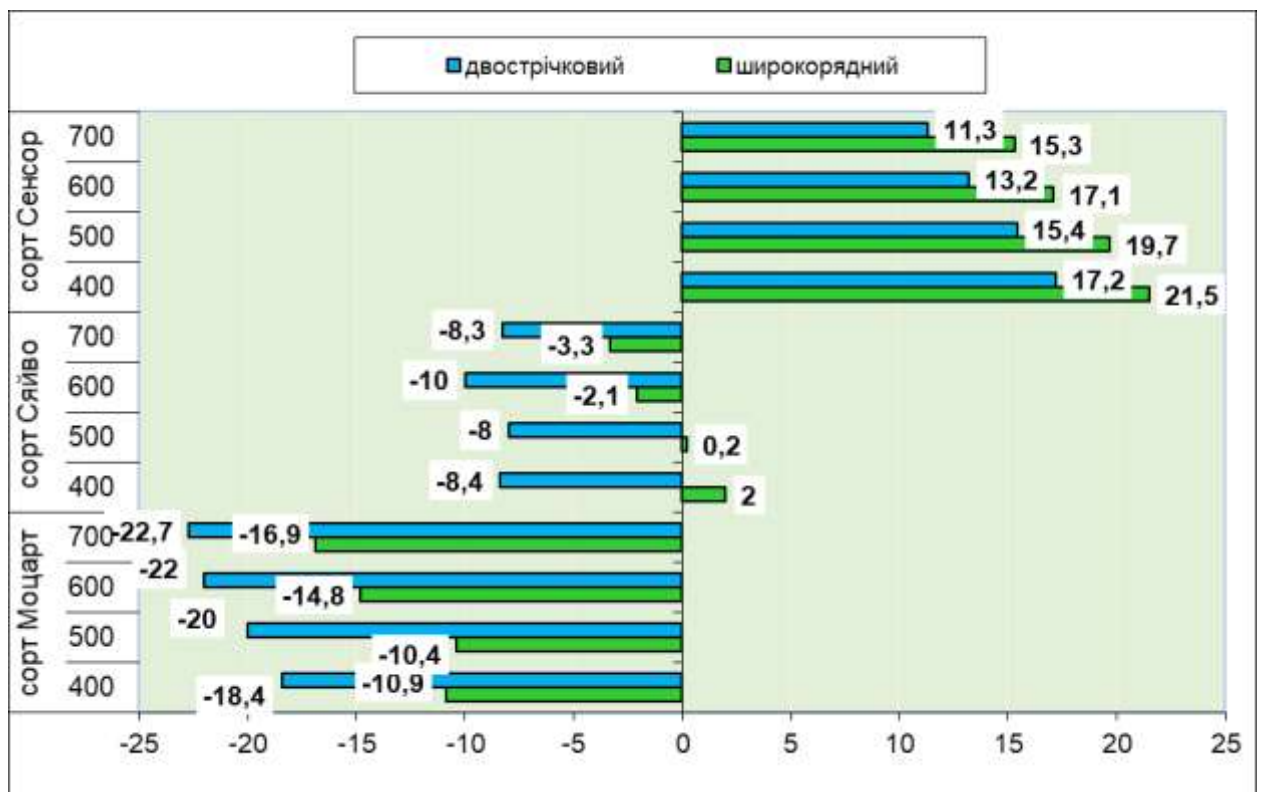


Рис. 3.2. Відхилення від контролю у формуванні висоти рослин залежно від досліджуваних факторів, см

Перевищення контрольного варіанту за показником висоти рослин було в межах 0,2-21,5 см.

Висота прикріплення нижнього бобу є одним із найважливіших технологічних та архітектонічних показників сої. У рослинництві вона визначає придатності сорту та конкретної агротехнології до прямого механізованого збирання. Цей показник безпосередньо впливає на економіку вирощування культури через такі ключові фактори.

Під час збирання врожаю комбайном ніж жатки рухається на певній висоті від поверхні ґрунту (зазвичай стандартний зріз становить 6–10 см). Якщо боби розташовані низько (менше 10 см): жатка або розрізає боби навпіл (вирізає насіння, яке висипається на землю), або просто переступає через них, залишаючи незрізаними на стерні. Втрати зерна на низькому зрізі можуть становити від 10% до 25% від усього вирощеного врожаю.

Якщо боби розташовані високо (понад 12–15 см): комбайн безперешкодно зрізає рослину значно нижче першого продуктивного вузла. Усі боби повністю потрапляють у бункер, зводячи втрати до технологічного мінімуму (менше 1–2%).

Боби, які сформувалися занадто близько до землі, під час дощів та високої вологості восени починають підгнивати або уражуватися грибковими хворобами (антракноз, септоріоз, біла гниль). Крім того, під час роботи жатки на заниженому рівні у бункер комбайна разом із низькими бобами потрапляє ґрунт і пил. Це забруднює зерно, підвищує його вологість та суттєво ускладнює подальше очищення й зберігання.

Коли перший боб закладений високо, комбайнер може підняти жатку трохи вище. Це дозволяє уникнути ризику «черпання» землі або пошкодження ножів об каміння та нерівності рельєфу та збільшити швидкість руху комбайна по полю.

Зменшити навантаження на молотильний апарат і знизити витрату пального.

У сучасній агрономічній науці критерії оцінки цього показника виглядають так:

Критична (небажана) висота: < 10 см (високий ризик втрат).

Задовільна висота: 10–12 см (потребує ідеально вирівняного ґрунту та спеціальних флекс-жаток).

Оптимальна (технологічна) висота: > 13 –15 см (гарантує чисте збирання без втрат) [160].

Висота прикріплення нижнього бобу у нашому досліді залежала від способу сівби, норми висіву насіння і найбільше – від особливостей сорту, в першу чергу від групи стиглості.

Отже, висота прикріплення нижнього бобу у сортостандарту (сорт Моравія) становила 12,5 см, у сорту Моцарт – була в межах 12,0-12,9 см, у сорту Сяйво – 12,4-13,7 см та у сорту Сенсор – 15,3-16,6 см (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Висота прикріплення нижнього бобу у різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.), т/га

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. насінин / га (С)			
		400	500	600	700
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	-	12,5	-	-
Моцарт	широкорядний (45 см)	12,2	12,5	12,7	12,9
	twin row (19×38 см)	12,0	12,3	12,4	12,7
Сяйво	широкорядний (45 см)	13,0	13,2	13,5	13,7
	twin row (19×38 см)	12,4	12,7	13,0	13,2
Сенсор	широкорядний (45 см)	15,6	15,9	16,3	16,6
	twin row (19×38 см)	15,3	15,7	16,1	16,3

Із підвищенням норми висіву цей технологічний показник завжди зростає, що полегшує механізоване збирання та суттєво знижує втрати врожаю за комбайнування.

За більшої норми висіву насіння нижній ярус листя затінюється, що стимулює більш інтенсивний лінійний ріст (витягування) нижніх міжвузлів стебла (етиюлювання). Нижній репродуктивний вузол зміщується вгору, і перші боби прикріплюються на безпечній для комбайнування висоті.

Максимальний показник висоти прикріплення нижнього бобу був у середньостиглого сорту Сенсор за сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 700 тис. шт /га, показник становив 16,6 см.

Відхилення від контролю висоти прикріплення нижнього бобу у сторону зменшення були у сорту Моцарт, показник становив від -0,1 до -0,5 см. Перевищували контроль сорти Сяйво та Сенсор, за виключенням варіанту сівби сорту Сяйво за типом twin row нормою висіву насіння 700 тис. шт/га (рис. 3.3).

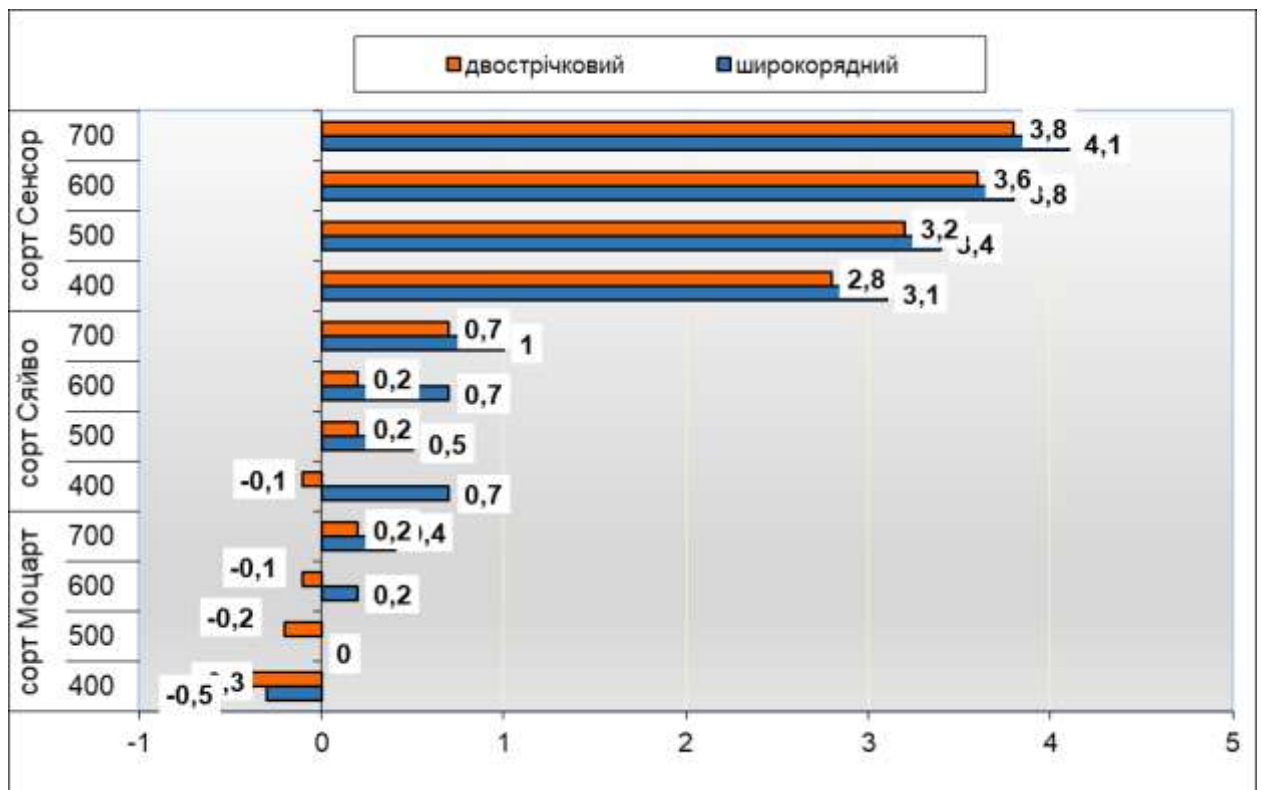


Рис. 3.3. Відхилення від контролю у висоті прикріплення нижнього бобу залежно від досліджуваних факторів, см

Таким чином, слід констатувати факт впливу досліджуваних чинників на висоту прикріплення нижнього бобу, проте у сортів: Сяйво та Сенсор цей показник був вище 13%, тобто була оптимальною, що гарантує чисте збирання без втрат, а у сорту Моцарт була в межах 12,0-12,9%, що вважається задовільним.

Кількість бобів на рослині сої залежала від сортових особливостей, від способу сівби та норми висіву насіння і показник коливався в досить широкому діапазоні – від 26,2 до 36,7 штук (табл. 3.2).

Ультра ранній сорт Моцарт характеризувався найнижчим показником, який становив 26,2-28 штук, максимальне значення отримано на варіанті сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 700 тис. шт/га, мінімальний – за сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 400 шт/га.

Таблиця 3.2

Кількість бобів на рослині у різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.), шт

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. насінин / га (С)			
		400	500	600	700
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)		31,5		
Моцарт	широкорядний (45 см)	26,2	27,1	27,5	27,8
	twin row (19×38 см)	26,3	27,0	27,3	28,0
Сяйво	широкорядний (45 см)	30,5	31,6	31,9	30,8
	twin row (19×38 см)	30,9	32,0	32,8	31,2
Сенсор	широкорядний (45 см)	30,4	35,2	34,6	32,1
	twin row (19×38 см)	33,8	36,7	36,0	35,4

Для сорту Сяйво оптимальну кількість бобів на рослині забезпечив також спосіб сівби за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га, показник склав 32,8 штук на рослині, що перевищило контрольний варіант на 1,3 т/га (рис. 3.4).

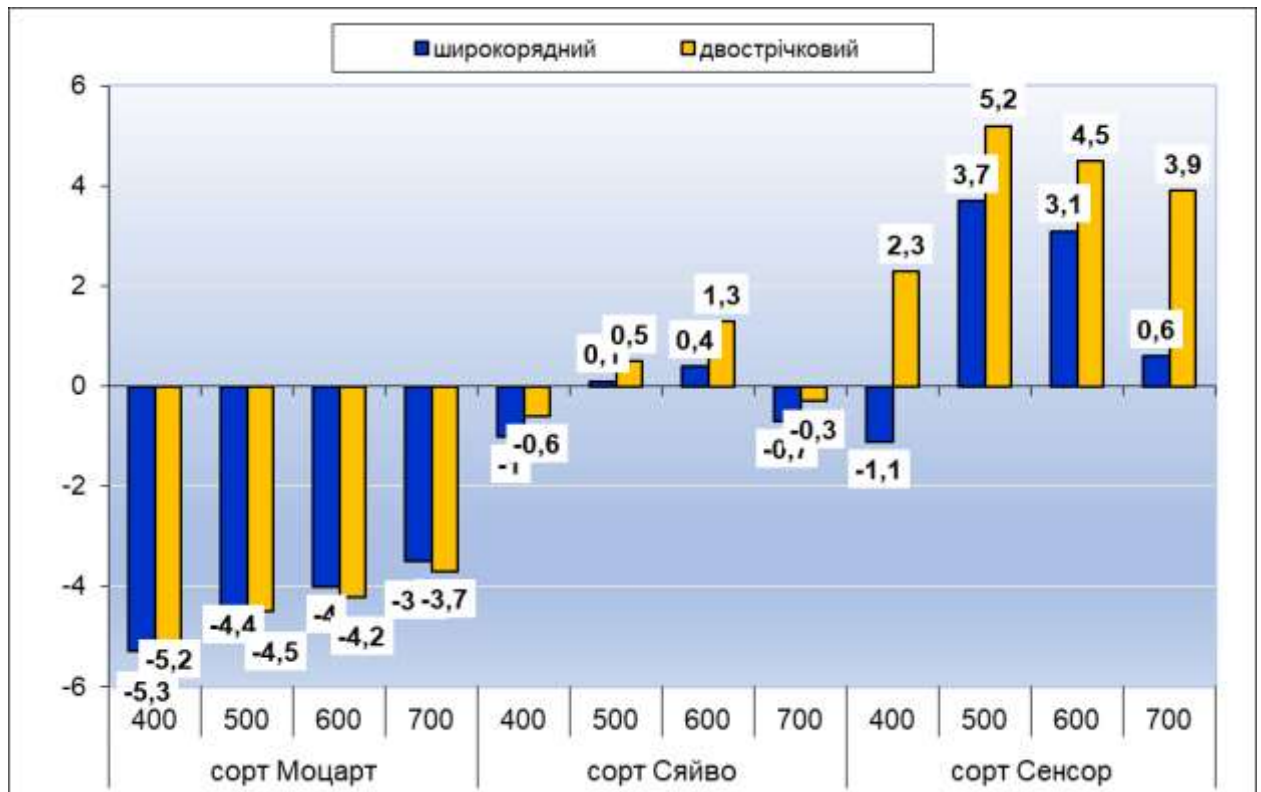


Рис. 3.4. Відхилення від контролю у кількості бобів на рослині залежно від досліджуваних факторів, шт

Найбільшою кількістю бобів на рослині характеризувався сорт сої Сенсор, найбільш комфортні умови для формування оптимальної кількості бобів 36,7 штук склались за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт/га. Тобто, спостерігалась тенденція до підвищення показника із збільшенням вегетаційного періоду рослин, тобто мінімальну кількість сформували рослини сої ультра раннього сорту і максимальну – середньостиглого сорту.

Відхилення від контролю у сорту Моцарт були у сторону зменшення, у сорту Сенсор – у сторону збільшення, а у сорту Сяйво перевищення

контролю було за норм висіву 500 та 600 тис. шт/га, а нижче від контролю – за норм висіву насіння 400 та 700 тис шт/га за обох способів сівби.

Між досліджуваними факторами та біометричними показниками встановлено кореляційні зв'язки.

Максимальний кореляційний зв'язок $r=0,91$ встановлено між сортом та способом сівби.

За даними регресійного аналізу між морфометричними показниками сої та досліджуваними чинниками виявлено середні та сильні кореляційні зв'язки від 0,44 до 0,91, за виключенням зв'язку між висотою рослини та кількістю бобів на рослині ($r=0,27$) (рис.3.5).

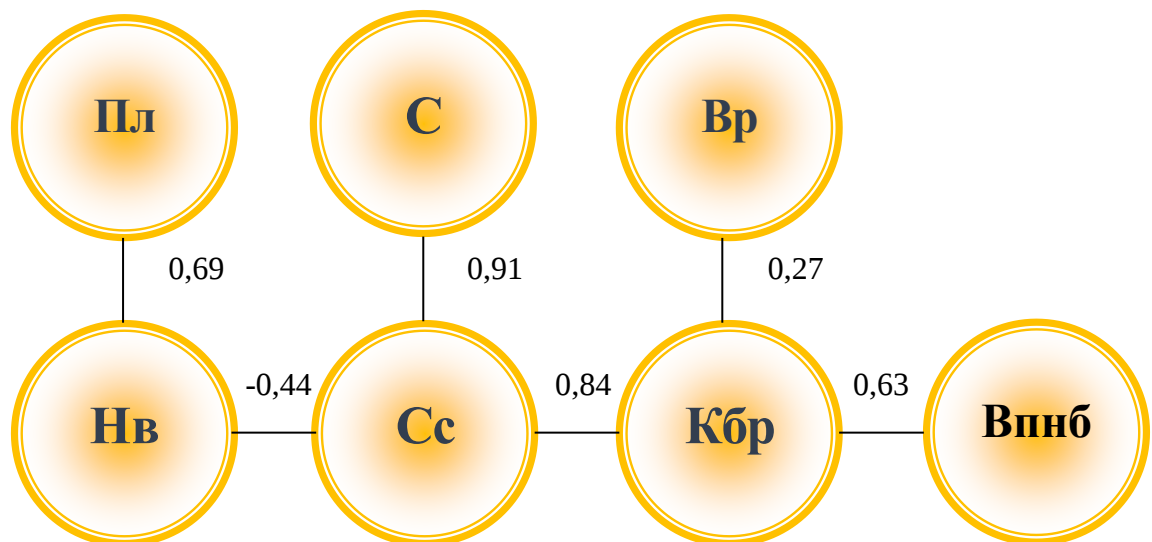


Рис. 3.5 – Кореляційна плеяда системи зв'язків сої

Зміст варіантів: (С – сорт; Сс – спосіб сівби; Нв – норма висіву; Вр – висота рослин; Впнб – висота прикріплення нижнього бобу; Кбр – кількість бобів на рослині; Пл – площа листків)

За тестом Дункана встановлено істотну різницю між варіантами щодо кількості бобів на рослині за фактором А (сорт), оскільки значення розподілились за різними гомогенними групами, за виключенням контрольного варіанту (сорт Моравія) і сорту Сяйво, що були в одній

гомогенній групі, усереднені показники на цих варіантах склали відповідно: 31,5 та 31,46 т/га (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Залежність кількості бобів на рослині сої від сорту
за тестом Дункана, шт (2023-2025 рр.)**

Сорт (А)	Кількість бобів на рослині, шт	Гомогенні групи		
		I	II	III
Моравія (контроль)	31,5		***	
Моцарт	27,15			***
Сяйво	31,46		***	
Сенсор	34,28	***		

Середні значення кількості бобів на рослині за фактором В (спосіб сівби) за тестом Дункана показав істотну різницю між варіантами, оскільки показники розподілились за двома різними гомогенними групами (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Залежність кількості бобів на рослині сої від способу сівби
за тестом Дункана, шт (2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Кількість бобів на рослині, шт	Гомогенні групи	
		I	II
широкорядний (45 см)	30,49		***
twin row (19×38 см)	32,43	***	

Тест Дункана показав, що середні значення кількості бобів на рослині за фактором С (норма висіву насіння) знаходились в межах 29,68-31,63 шт. Між нормами висіву насіння була істотна різниця, оскільки значення були у різних гомогенних групах, за виключенням норм висіву 500 та 600 тис. шт/га, між якими різниця в урожайності склала 0,03 шт і була неістотна (табл.3.5).

**Залежність кількості бобів на рослині сої залежно від норми висіву
насіння за тестом Дункана, шт (2023-2025 рр.)**

Норма висіву насіння, тис. шт/га (С)	Кількість бобів на рослині, шт	Гомогенні групи		
		I	II	III
400	29,68			***
500	31,6	***		
600	31,63	***		
700	30,88		***	

3.2. Площа листкової поверхні рослин сої

Формування ефективного фотосинтетичного апарату агроценозів сої та інших сільськогосподарських культур визначається комплексом чинників. Серед них провідну роль відіграють біологічні особливості сорту, архітектоніка посіву (спосіб сівби та норма висіву насіння), а також умови мінерального живлення [161]. Оптимізація структури посіву дозволяє цілеспрямовано моделювати площу листкової поверхні. Водночас показники фотосинтетичної діяльності рослин залишаються високочутливими до змін екологічних факторів навколишнього середовища [162, 163].

Ряд науковців доводить залежність фотосинтетичного потенціалу сої від агротехнічних факторів.

Дослідженнями А. Тарабріної та А. Панфілової доведено, що перехід на систему нульового обробітку ґрунту (*no-till*) сприяє інтенсивнішому розвитку асиміляційного апарату сої порівняно з традиційною технологією. Зокрема, за період спостережень у варіантах із застосуванням *no-till* площа листкової поверхні сорту Беттіна перевищувала показники класичної технології на 1,1–1,69 тис. м²/га (або на 4,6–8,6%) [57].

Оцінюючи сортові особливості формування листкового апарату сої у фазі наливу бобів, О. В. Фурман [164] зазначає, що лідером за цим показником був середньостиглий сорт Сузір'я з результатом 41,9–46,8 тис. м²/га. Натомість ультраранній сорт Легенда формував найменшу площу листків (37,7–42,2 тис. м²/га), а сорт Вільшанка посідав середнє місце, утворюючи від 40,4 до 46,0 тис. м²/га.

Вагомим чинником оптимізації асиміляційної поверхні сої є раціональне мінеральне живлення, ефективність якого чітко проявляється на заключних етапах вегетації. У період цвітіння інтенсивне наростання вегетативної маси зумовлює підвищену потребу рослин у макро- та мікроелементах. Застосування позакореневих підживлень у цей час стимулює біосинтетичні процеси, що зрештою забезпечує підвищення індивідуальної продуктивності культури та покращення посівних якостей насіння. [165-167].

Для цілеспрямованого регулювання параметрів асиміляційного апарату посівів нерідко застосовують регулятори росту ретардантного типу. Завдяки стимуляції процесів галуження загальна площа листкової поверхні може зростати, проте в окремих випадках вона залишається на рівні контролю. Така тенденція пояснюється компенсаційним ефектом: збільшення кількості сформованих листків на рослині супроводжується зменшенням лінійних розмірів їхніх листкових пластинок [168-172].

При недостатній площі листків ФАР поглинається неефективно, а при надмірній значна частина нижнього листя опадає, а решта працює менш ефективно [173].

З огляду на вищезазначене, облік площі листкового апарату є обов'язковим елементом комплексної оцінки фотосинтетичного потенціалу рослин, що безпосередньо корелює з майбутньою продуктивністю сої. Оптимальним технологічним орієнтиром для одержання максимальних зборів зерна є підтримання розміру листкової поверхні в межах 40–50 тис. м²/га [174].

Наші дослідження показали, що площа листкового апарату досліджуваних сортів сої коливалась в межах 44,2-56,3 тис. м²/га (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Площа листкового апарату сої залежно від способу сівби і норми висіву
насіння у фазі цвітіння рослин (ВВСН 65),
тис. м²/га (середнє за 2023-2025 рр.)**

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт / га (С)	фактично	± до контролю
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	500	48,5	-
Моцарт	широкорядний (45 см)	400	44,2	-4,3
		500	45,0	-3,5
		600	45,9	-2,6
		700	46,1	-2,4
	twin row (19×38 см)	400	45,2	-3,3
		500	45,8	-2,7
		600	46,3	-2,2
		700	47,0	-1,5
Сяйво	широкорядний (45 см)	400	44,7	-3,8
		500	45,3	-3,2
		600	47,9	-0,6
		700	47,9	-0,6
	twin row (19×38 см)	400	46,8	-1,7
		500	48,9	0,4
		600	50,1	1,6
		700	49,8	1,3
Сенсор	широкорядний (45 см)	400	52,4	3,9
		500	53,8	5,3
		600	53,3	4,8
		700	53,2	4,7
	twin row (19×38 см)	400	55,1	6,7
		500	56,3	7,8
		600	56,0	7,5
		700	55,8	7,3

Ультра ранній сорт Моцарт характеризувався площею асиміляційної поверхні в межах 44,2-47,0 тис. м²/га, оптимальне значення показника було

на варіанті сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 700 тисяч насінин на гектар, що було на 1,5 тис.м²/га менше, ніж на контролі.

У сорту Сяйво листки сформували дещо більшу площу, порівняно із сортом Моцарт, показник був в межах 44,7-50,1 тис.м²/га, оптимальний варіант – сівба за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га.

Оптимальною площею асиміляційної поверхні характеризувався середньостиглий сорт Сенсор, значення були в межах 52,4-56,3 тис. м²/га. Найбільш ефективним варіантом виявився як і для двох попередньо-аналізованих сортів двострічковий спосіб сівби, а кращою нормою висіву була 500 тис. насінин/га.

Для всіх досліджуваних сортів спостерігалась схожа тенденція до формування площі листового апарату у розрізі варіантів: кращим був двострічковий спосіб сівби; за норми висіву насіння 400 тис. шт/га, площа листової поверхні була найменшою; при подовженні вегетаційного періоду сорту – менша норма висіву, за виключенням норми висіву 400 тис. шт/га забезпечувала кращий вплив на площу асиміляційної поверхні.

Щодо відхилень від середньораннього сорту Моравія, що взято за сортостандарт при сівбі широкорядним способом сівби нормою висіву насіння, відхилення коливались від - 0,02 до +0,44 тис. м²/га.

Максимальне перевищення контролю 0,44 тис. м²/га відмічено на сорті Сенсор за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт/га.

Проведений тест Дункана засвідчив різницю між показниками площі листового апарату у розрізі сортів, середнє значення у сорту Сенсор було максимальним – 54,5 тис. м²/га, контроль та варіант із сортом сої Сяйво сформували наближені показники і найменшим значенням характеризувався сорт сої Моцарт (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Залежність площі листків сої залежно від сорту
за тестом Дункана, тис. м²/га (2023-2025 рр.)**

Сорт (А)	Площа листків, тис. м ² /га	Гомогенні групи		
		I	II	III
Моравія (контроль)	48,5		***	
Моцарт	45,7			***
Сяйво	47,7		***	
Сенсор	54,5	***		

Аналіз показав істотну різницю у сортів за площею асиміляційної поверхні. Мінімальне значення було у ранньостиглого сорту, оскільки ранньостиглі сорти проходять усі фази розвитку значно швидше. У них дуже короткий період від сходів до початку цвітіння (етап активного наростання вегетативної маси). Рослина просто не має фізичного часу, щоб закласти та розвинути велику кількість міжвузлів і великі листкові пластинки. Такі сорти зазвичай є генетично детермінованими: вони мають меншу висоту головного стебла, формують менше вузлів на рослині, слабше гілкуються (або не гілкуються взагалі), що суттєво зменшує загальну кількість листків на одній рослині.

Середні значення площі листків за фактором В (спосіб сівби) за тестом Дункана показав істотну різницю між варіантами, оскільки показники розподілились за двома різними гомогенними групами, різниця між середніми значеннями становила 1,9 тис. м²/га (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Залежність площі листків сої від способу сівби
за тестом Дункана, тис. м²/га (2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Площа листків, тис. м ² /га	Гомогенні групи	
		I	II
широкорядний (45 см)	48,3		***
twin row (19×38 см)	50,2	***	

Математичний аналіз за критерієм Дункана підтвердив статистично значущу різницю між варіантами норми висіву за площею асиміляційної поверхні (фактор С), які увійшли до різних гомогенних груп із середніми значеннями в межах 48,1–50,0 тис. м²/га (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

**Залежність площі листків сої від норми висіву насіння
за тестом Дункана, тис. м²/га (2023-2025 рр.)**

Норма висіву насіння, тис. шт/га (С)	Площа листків, тис. м ² /га	Гомогенні групи		
		I	II	III
400	48,1			***
500	49,2		***	
600	49,9	***		
700	50,0	***		

Водночас диференціація між нормами висіву 600 та 700 тис. шт./га виявилася неістотною — відхилення становило лише 0,1 тис. м²/га, що дозволило віднести їх до однієї гомогенної групи. Загалом амплітуда коливань між іншими варіантами досліду складала 0,1–1,9 тис. м²/га.

3.3. Фотосинтетичний потенціал агроценозу сої

Фотосинтетичний потенціал (ФП) посівів сої є ключовим інтегральним показником, який прямо визначає рівень майбутньої врожайності. Він відображає не просто одномоментну площу листя, а загальну потужність та тривалість роботи асиміляційного апарату культури за весь вегетаційний період (або окрему міжфазну стадію) і вимірюється в млн м² × днів/га.

Основне значення ФП для сої — це насамперед, прямий зв'язок із продуктивністю: Що вищий ФП, то більше сонячної радіації вловлює посів і

то більше суміші органічних речовин (сухої речовини) синтезують рослини для наливу бобів.

Показник ФП допомагає агрономам знайти ідеальний баланс висіву. Надто розріджені або надмірно загущені посіви знижують загальний ФП через недорозвиненість площі листя або передчасне його відмирання нижнього ярусу через затінення.

За величиною ФП оцінюють якість підживлення, інокуляції та захисту рослин. Оптимальні технології допомагають сої сформувати високі показники ФП.

Для досягнення максимальних значень фотосинтетичного потенціалу та врожайності необхідно керуватись такими чинниками як сортові особливості та ширина міжрядь. Різні за стиглістю та архітектонікою сорти сої формують різний асиміляційний апарат. Звуження міжрядь часто сприяє швидшому закриттю міжрядь та збільшенню ФП. Найкращі показники ФП зазвичай фіксують за оптимальної для конкретного регіону густоти, що забезпечує тривалу роботу листя.

Щодо фотосинтетичного потенціалу досліджуваних сортів, найвищими показниками характеризувався середньостиглий сорт Сенсор, значення були в межах 2,26-2,44 млн $\text{м}^2 \times \text{днів}$ / га (табл. 3.7).

Фотосинтетичний потенціал (ФП) ультраранніх сортів сої має свою специфіку, оскільки ці сорти проходять вегетацію за 80–90 днів. Через короткий життєвий цикл загальний ФП ультраранньої сої є помітно нижчим, ніж у середньостиглих гібридів, і зазвичай становить 1,8–2,6 млн $\text{м}^2 \times \text{днів/га}$ за весь вегетаційний період. Головною особливістю ФП для ультраранніх сортів є короткий час роботи: рослини швидко переходять від вегетативного росту до генеративного. Листкова поверхня працює менше днів, що обмежує сумарний показник ФП.

Отже, ультра ранній сорт Моцарт характеризувався найменшим фотосинтетичним потенціалом, порівняно із середньораннім та

середньостиглим сортами, показник був в межах 1,75-1,86 млн м² × днів/га (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Фотосинтетичний потенціал сої залежно від способу сівби і норми висіву насіння у фазі цвітіння рослин (ВВСН 65), млн м²×днів / га (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт / га (С)	фактично	± до контролю
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	500	2,0	-
Моцарт	широкорядний (45 см)	400	1,75	-0,25
		500	1,78	-0,22
		600	1,81	-0,19
		700	1,82	-0,18
	twin row (19×38 см)	400	1,79	-0,21
		500	1,81	-0,19
		600	1,83	-0,17
		700	1,86	-0,14
Сяйво	широкорядний (45 см)	400	1,85	-0,15
		500	1,87	-0,13
		600	1,98	-0,02
		700	1,98	-0,02
	twin row (19×38 см)	400	1,94	-0,06
		500	2,02	0,02
		600	2,07	0,07
		700	2,06	0,06
Сенсор	широкорядний (45 см)	400	2,26	0,26
		500	2,32	0,32
		600	2,31	0,31
		700	2,30	0,30
	twin row (19×38 см)	400	2,38	0,38
		500	2,44	0,44
		600	2,42	0,42
		700	2,41	0,41

Проте, максимальний показник $1,86 \text{ млн м}^2 \times \text{днів/га}$ у сорту Моцарт був за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 700 тис. шт/га.

У сорту Сяйво показник ФП за широкорядного способу сівби не значно перевищував сорт Моцарт, проте на варіантах сівби за типом twin row показники були в межах $2,02\text{-}2,07 \text{ млн м}^2 \times \text{днів/га}$.

Найвищим фотосинтетичним потенціалом в межах $2,26\text{-}2,44 \text{ млн м}^2 \times \text{днів/га}$ характеризувався сорт сої Сенсор. Оптимальний показник був на варіанті способу сівби за типом twin row нормою висіву насіння 500 тис. шт/га.

За результатами тесту Дункана встановлено істотну диференціацію показників фотосинтетичного потенціалу залежно від сортових особливостей сої. Максимальне середнє значення зафіксовано у сорту Сенсор, яке досягло $2,39 \text{ млн м}^2 \times \text{днів/га}$. Близькі між собою результати продемонстрували контрольний варіант ($2,0 \text{ млн м}^2 \times \text{днів/га}$) та варіант з сортом сорт Сяйво ($1,97 \text{ млн м}^2 \times \text{днів/га}$), тоді як мінімальною величиною цього показника характеризувався сорт Моцарт (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Залежність фотосинтетичного потенціалу агроценозу сої залежно від сорту за тестом Дункана, $\text{млн м}^2 \times \text{днів} / \text{га}$ (2023-2025 рр.)

Сорт (А)	Фотосинтетичний потенціал $\text{млн м}^2 \times \text{днів} / \text{га}$	Гомогенні групи		
		I	II	III
Моравія (контроль)	2,0		***	
Моцарт	1,81			***
Сяйво	1,97		***	
Сенсор	2,39	***		

Середні значення фотосинтетичного потенціалу за фактором В (спосіб сівби) за тестом Дункана показав істотну різницю між варіантами, оскільки

показники розподілились за двома різними гомогенними групами, різниця між середніми значеннями 0,2 млн м²×днів / га виявилась істотною (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Залежність фотосинтетичного потенціалу агроценозу сої від способу сівби за тестом Дункана, млн м²×днів / га (2023-2025 рр.)

Спосіб сівби (В)	Фотосинтетичний потенціал млн м ² ×днів / га	Гомогенні групи	
		I	II
широкорядний (45 см)	2,0		***
twin row (19×38 см)	2,2	***	

Статистичне оцінювання за тестом Дункана засвідчило істотну диференціацію варіантів норми висіву насіння (фактор С) за величиною фотосинтетичного потенціалу посівів сої (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Залежність урожайності зерна сої від норми висіву насіння за тестом Дункана, млн м²×днів / га (2023-2025 рр.)

Норма висіву насіння, тис. шт/га (С)	Фотосинтетичний потенціал млн м ² ×днів / га	Гомогенні групи		
		I	II	III
400	1,99			***
500	2,04		***	
600	2,06	***		
700	2,07	***		

Досліджувані чинники увійшли до різних гомогенних груп із середніми показниками в діапазоні 1,99–2,07 млн м²×днів/га. Винятком стали лише

посіви з нормою висіву 600 та 700 тис. шт./га, між якими не виявлено математично доведеної різниці.

Висновки до розділу 3:

1. Сорт, спосіб сівби та норма висіву насіння впливали на формування морфометричних показників сої. Максимально високорослі рослини були у сорту сої Сенсор, показники коливались в межах 106,5-116,7 см. Найменш високорослі – у сорту в ультра раннього сорту 72,5-84,8 см.

2. Висота прикріплення нижнього бобу залежала від способу сівби, норми висіву насіння і найбільше – від особливостей сорту, в першу чергу від групи стиглості. Висота прикріплення нижнього бобу у сортостандарту (сорт Моравія) становила 12,5 см, у сорту Моцарт – була в межах 12,0-12,9 см, у сорту Сяйво – 12,4-13,7 см та у сорту Сенсор – 15,3-16,6 см.

Максимальний показник висоти прикріплення нижнього бобу був у середньостиглого сорту Сенсор за сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 700 тис. шт /га, показник становив 16,6 см.

3. Найбільшою кількістю бобів на рослині характеризувався сорт сої Сенсор, найбільш комфортні умови для формування оптимальної кількості бобів 36,7 штук склались за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт/га. Тобто, спостерігалась тенденція до підвищення показника із збільшенням вегетаційного періоду рослин, тобто мінімальну кількість сформували рослини сої ультра раннього сорту і максимальну – середньостиглого сорту.

4. За даними регресійного аналізу між морфометричними показниками сої та досліджуваними чинниками виявлено середні та сильні кореляційні зв'язки від 0,44 до 0,91, за виключенням зв'язку між висотою рослини та кількістю бобів на рослині ($r=0,27$).

5. Оптимальною площею асиміляційної поверхні характеризувався середньостиглий сорт Сенсор, значення були в межах 52,4-56,3 тис. м²/га. Найбільш ефективним варіантом виявився як і для двох попередньо-

аналізованих сортів двострічковий спосіб сівби, а кращою нормою висіву була 500 тис. насінин/га.

6. Статистичне оцінювання за тестом Дункана засвідчило істотну диференціацію досліджуваних сортів сої за виключенням сорту Моравія та сорту Сяйво; істотну різницю за способами сівби сої та за нормами висіву насіння за винятком норм висіву 600 та 700 тис. шт/га за площею асиміляційної поверхні сої та величиною фотосинтетичного потенціалу посівів сої.

6. Найвищим фотосинтетичним потенціалом в межах 2,26-2,44 млн м² × днів/га характеризувався сорт сої Сенсор. Оптимальний показник був на варіанті способу сівби за типом twin row нормою висіву насіння 500 тис. шт/га.

Опубліковані праці за розділом 3:

175. Олійник Ю.А. Вплив способу сівби на продуктивність різних за стиглістю сортів сої при вирощуванні в умовах Лісостепу західного. *«Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Євrorінтеграції» [електронне видання]: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної онлайн конференції. Кам'янець-Подільський – Ломжа, 20-21.11. 2025 р. Видавництво: MANS w Łomży. 2025. С.184-186.*

176. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Формування продуктивності сортів сої залежно від густоти стояння та просторового розміщення рослин у Західному Лісостепу. *«Інноваційні технології в рослинництві»: збірник матеріалів IX Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, присвяченої 100 річчю з дня народження О.С. Алексеєвої, 23 квітня 2026 року. м. Кам'янець-Подільський: Видавництво ЗВО «ПДУ». 2026. С.211-212.*

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ВРОЖАЙНОСТІ ТА БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

4.1. Урожайність зерна сої

Розвиток виробництва сої в Україні має чіткі стратегічні перспективи. Попри цінові коливання на світовому ринку, стабільний попит з боку країн ЄС, модернізація логістичних ланцюгів та інтеграція інноваційних рішень (зокрема, точного землеробства та новітньої селекції) забезпечують стійке зростання врожайності та зміцнення експортних позицій. Очікується, що держава й надалі утримуватиме статус провідного постачальника соєвих бобів та продуктів переробки на глобальні ринки.

Водночас пріоритетним науково-практичним завданням залишається стабілізація врожайності культури. Це досягається оптимізацією елементів технології вирощування, зокрема залученням адаптованих до конкретних еконіш сортів різних груп стиглості та обґрунтуванням найефективніших способів сівби [177].

Питанням оптимізації технології вирощування сої шляхом інтеграції біологічних та агротехнічних факторів присвячено низку праць, виконаних у різноманітних природно-кліматичних регіонах України. Зокрема, вивченням сортоспецифічності та ефективності застосування антистресових фіторегуляторів у посівах культури в природних умовах північно-східного Лісостепу займалися Лі Жуйцзе та А. А. Дудка. Дослідники довели, що максимальний рівень урожайності серед аналізованого сортового асортименту забезпечує сорт Ауреліна (2,91 т/га). Водночас позакореневе підживлення рослин стимулятором Antistress суттєво покращувало параметри індивідуальної продуктивності сої (до 5,65 г на рослину), що безпосередньо корелювало із загальним зростанням збору зерна [178].

За висновками Д. В. Козирського та І. Я. Сидорак, раціональна система мінерального живлення сої є потужним стимулом для загального біометричного розвитку рослин і при цьому не перешкоджає успішній інфекції та функціонуванню бобово-ризобіального комплексу в контексті фіксації атмосферного азоту. У процесі експериментів дослідниками доведено, що застосування базового мінерального фону в дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ у поєднанні з інокуляцією насіння та позакореневим обробленням препаратом Фульвогумін забезпечує формування максимальних показників продуктивності агрофітоценозу [179].

Важливу роль у підвищенні продуктивності сої відіграють елементи технології вирощування, зокрема використання біопрепаратів. Дослідженнями І. М. Дідура, Г. В. Панциревої та Н. В. Телекало доведено, що максимальні рівні врожайності коливалися в межах від 2,43 т/га у сорту Азимут до 2,67 т/га у сорту Голубка. При цьому найбільший приріст збору зерна (на 15,23–16,28%) було зафіксовано на варіантах, де поєднували передпосівну інокуляцію насіння Ризогуміном та дворазове внесення 0,75%-го розчину ретарданту хлормекват-хлорид: у фазах третього трійчастого листка та бутонізації відповідно [180].

За результатами випробування сортів сої Максус, Кордоба та Саска встановлено позитивний вплив на врожайність комплексного застосування мікродобрив, передпосівної інокуляції насіння та його захисту інсекто-фунгіцидним протравником Стандак Топ у нормі 1 л/т. Загалом максимальні параметри продуктивності зафіксовано на рівнях 2,87 т/га для сорту Максус, 3,11 т/га – для Кордоба та 2,63 т/га – для Саска. Водночас поєднання мікроелементів із бінарною системою інокуляції (Хі Стік + Хай Кот Супер з екстендером Хай Кот Супер Extender) забезпечило оптимізацію збору зерна, де середня врожайність сорту Максус становила 2,87 т/га, Кордоба – зросла до 3,33 т/га, а Саска – досягла 2,72 т/га [181, 182].

Дослідженню сумісної дії інокулянтів та сидеральних добрив у технології вирощування сої присвячено праці Л. І. Пруса. Науковцем

доведено, що загортання сидерату в поєднанні з передпосівною бактеризацією насіння штамом 634б забезпечувало підвищення врожайності сортів Легенда та Ксеня до 2,73 і 3,01 т/га відповідно. Водночас застосування штаму 614А на сидеральному фоні з наступним позакореневим обробленням посівів біопрепаратом Хетомік дозволило досягти показників 2,95 т/га у сорту Анжеліка та 3,04 т/га – у сорту Георгіна [183].

Дослідженню впливу щільності посіву та рівнів мінерального живлення на продуктивність сортів сої присвячено праці М. В. Івасика та М. І. Бахмата. Експериментальним шляхом науковці довели, що для сорту Софія раціональна норма висіву на більшості фонів живлення становить 600 тис. шт./га, тоді як за високого рівня забезпечення елементами живлення вона знижується до 400 тис. шт./га. Встановлено, що максимальний збір зерна сорту Софія забезпечується за поєднання передпосівної інокуляції, внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ та густоти сівби 600 тис. шт./га. Водночас для сорту Аратта оптимальним виявився варіант із бактеризацією насіння та нормою висіву 600 тис. шт./га [184].

Поряд із оптимізацією агротехнічних елементів, вагоме значення має селекція нових, адаптованих до конкретних екологічних ніш сортів сої. Комплексні експерименти з оцінки фенотипового прояву ознаки «маса насіння з рослини» у батьківських компонентів та гібридних ліній, а також аналіз рівнів їхньої мінливості у розщеплюваних популяціях F2-F5 провели Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко та Т. Ю. Марченко. Дослідники обґрунтували, що максимальна ефективність добору високоврожайних генотипів за цим критерієм фіксується у поколінні F2-F5. Науковці стверджують, що для конструювання новітнього сортового асортименту сої з потенціалом продуктивності 3,5–5,5 т/га в умовах штучного зволоження доцільно залучати до гібридизації зразки, що є контрастними за тривалістю вегетаційного періоду та генетичним походженням [185].

Обґрунтування сортового асортименту для конкретних умов вирощування набуває особливого значення з огляду на те, що Державний реєстр сортів рослин України налічує понад 300 найменувань сої різних груп стиглості, і ця база даних безперервно оновлюється. Зазначений чинник зумовлює необхідність постійного проведення наукових скринінгів та випробувань інтродукованих генотипів у межах різноманітних агрокліматичних зон країни [186].

Дослідженню сортової технології вирощування сої в умовах змін клімату присвятили свої дослідження М. Дідур, Г. Панцирева та ін. [187].

Дослідження з порівняльного оцінювання продуктивності різностиглих сортів сої за диференціації систем удобрення та норм висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу провели М. Івасик та В. Хоміна [188]. За результатами обліку врожайності зерна автори встановили, що для сорту Аратта раціональною є щільність сівби 600 тис. шт./га, яка гарантує збір продукції в межах 2,68–3,12 т/га. Для сорту Софія оптимальні параметри зафіксовано за норми 500 тис. шт./га [189].

Наведені дані свідчать, що соя, як провідна та найбільш затребувана зернобобова культура, потребує безперервного наукового супроводу та систематичного впровадження інноваційних розробок у виробництво. Попри значний масив досліджень, в агрокліматичних умовах західного Лісостепу під впливом глобальних змін клімату й досі недостатньо вивченим залишається питання впливу різних способів сівби на формування продуктивності сортів сої різних груп стиглості.

Урожайність зерна сої – це той основний критерій, який визначає успіх всіх агротехнічних факторів, які досліджуються.

Урожайність різностиглих сортів сої в наших дослідженнях була в межах 2,03–4,45 т/га залежно від погодних умов року, сортових особливостей, способу сівби і норм висіву насіння (табл. 4.1).

У природно-кліматичній зоні Лісостепу (яка вважається українським «соєвим поясом») погодні умови 2023 року виявилися максимально

сприятливими за останні кілька сезонів. Це дозволило аграріям регіону отримати високу та стабільну продуктивність культури, а в багатьох наукових дослідженнях та передових господарствах урожайність сої у 2023 році зафіксована як рекордна [188].

Таблиця 4.1

Урожайність зерна різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння (2023-2025 рр.), т/га

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт / га (С)	Рік досліджень		
			2023	2024	2025
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	500	3,36	3,22	3,32
Моцарт	широкорядний (45 см)	400	2,33	2,03	2,27
		500	2,84	2,57	2,75
		600	3,12	2,82	3,06
		700	3,25	3,03	3,11
	tvin row (19×38 см)	400	2,84	2,25	2,65
		500	3,06	2,75	2,92
		600	3,21	2,99	3,10
		700	3,46	3,35	3,42
Сяйво	широкорядний (45 см)	400	2,61	2,46	2,55
		500	3,0	2,81	2,92
		600	3,35	3,20	3,32
		700	3,61	3,40	3,52
	tvin row (19×38 см)	400	3,63	3,39	3,54
		500	4,09	3,92	4,02
		600	4,29	4,14	4,23
		700	4,01	3,68	3,95
Сенсор	широкорядний (45 см)	400	3,92	3,71	3,80
		500	4,16	4,03	4,11
		600	3,96	3,84	3,93
		700	3,67	3,57	3,62
	tvin row (19×38 см)	400	4,25	4,11	4,18
		500	4,45	4,34	4,41
		600	4,29	4,13	4,21
		700	3,98	3,81	3,91
НІР _{0,5}			<i>A – 0,10; B – 0,08; C – 0,11</i>	<i>A – 0,10; B – 0,10; C – 0,10</i>	<i>A – 0,10; B – 0,10; C – 0,20</i>

Найвищу урожайність в наших дослідженнях забезпечили сорти сої в умовах 2023 року, який виявився найбільш сприятливим порівняно з 2024 та 2025 років, показник знаходився в межах 2,33-4,45 т/га. Найменший рівень урожайності в умовах 2023 року 2,33-3,41 т/га забезпечив ранньостиглий сорт Моцарт. Кращим варіантом для цього сорту була сівба за типом twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 700 тис. шт/га, на цьому варіанті урожайність склала 3,41 т/га, що перевищило контрольний варіант (середньостиглий сорт Моравія за сівби широкорядним способом (45 см) нормою висіву 500 тис шт/га) на 0,05 т/га., тобто не суттєво.

Середньоранній сорт Сяйво також в умовах 2023 року забезпечив найбільші значення урожайності і кращі показники були при сівбі за типом twin row (19×38 см) – в межах 3,63-4,29 т/га, оптимальну урожайність – за сівби нормою висіву насіння 700 тис. шт/га.

Для середньостиглого сорту сої Сенсор найефективніші технічні умови склалися при сівбі за типом twin row нормою висіву насіння 500 тис. шт/га, рівень урожайності склав 4,45 т/га, тобто був практично рекордним і найвищим серед усіх досліджуваних варіантів. Перевищення контрольного варіанту на цьому варіанті становило 1,09 т/га.

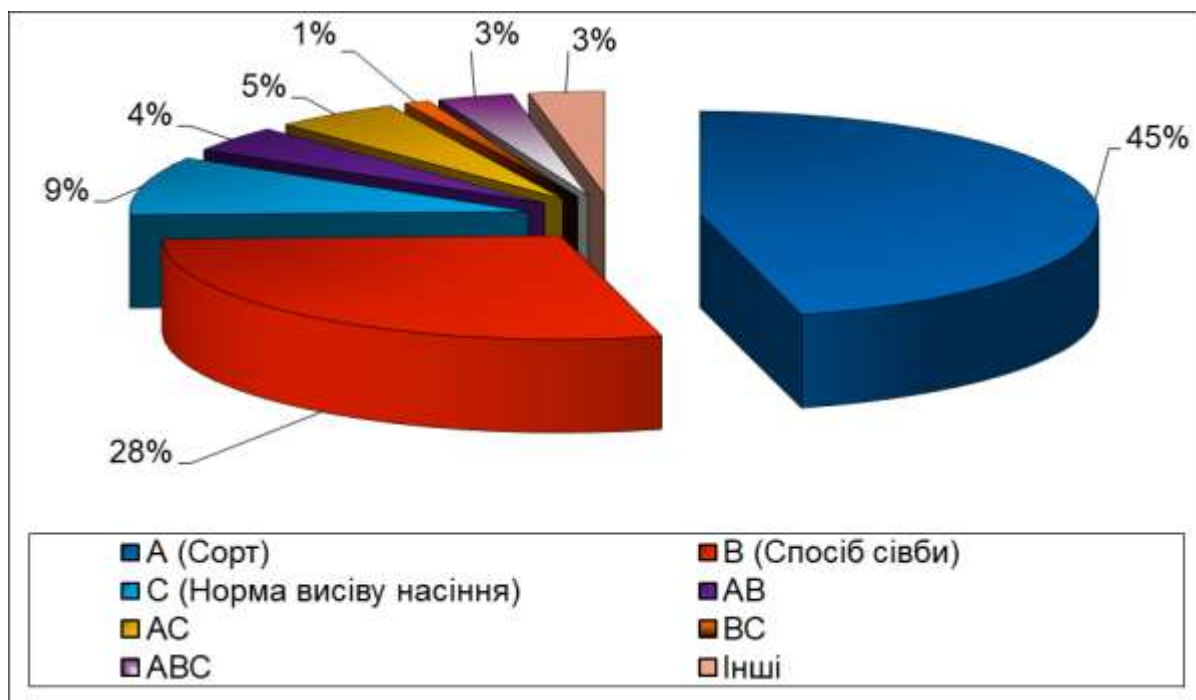


Рис. 4.1. Частка впливу факторів на урожайність сої (2023 рік)

На рис. 4.1 частка впливу досліджуваних факторів на формування урожайності зерна сої в умовах 2023 року. Аналіз показав, що найбільш впливовим був фактор А (сорт), частка його впливу склала 45%, спосіб сівби вплинув на 28%, норма висіву насіння – на 9%. У взаємодії фактори впливали на 1-5%, а інші чинники – на 3%.

Умови 2024 року були менш сприятливі для росту, розвитку і формування продуктивності досліджуваних сортів сої. Насамперед, у рослин був холодний старт: після аномально теплого квітня різке похолодання та травневі заморозки стали першим стресом. Відмічались дещо нерівномірні сходи: через низьку температуру ґрунту насіння довго проростало. Незначна частина молодих рослин постраждала від хвороб через холодні дощі. Липнева рекордна спека (температура подекуди сягала $+40^{\circ}\text{C}$ і вище на сонці) збіглася з найважливішими фазами – цвітінням та бутонізацією. Окремі рослини скидали цвіт і вже сформовану зав'язь (явище абортивності). Проте, навіть за таких умов, урожайність сої, особливо у середньораннього та середньостиглого сорти сформували досить високу урожайність зерна.

У сорту Моцарт оптимальну урожайність зерна забезпечив варіант сівби двострічковим способом (за типом *twin row*) нормою висіву насіння 700 тис. шт/га. У середньораннього сорту сої Сяйво оптимальний показник урожайності забезпечив також двострічковий спосіб з нормою висіву 700 тис. шт/га, а саме – 4,14 т/а, що перевищувало контрольний варіант на 0,92 т/га.

На відміну від ранніх сортів, які гілкуються слабо і потребують загущення, середньостигла соя формує потужні бічні пагони. Якщо її посіяти занадто густо, рослини витягнуться, стебла стануть тонкими, і посіви просто поляжуть від першого дощу чи вітру, що ускладнить збирання та знизить урожайність. Таким чином, середньостиглий сорт Сяйво забезпечив оптимальну урожайність за способу сівби за типом *twin row* нормою висіву 500 тис. шт/га.

Сила впливу досліджуваних факторів на формування урожайності зерна сої в умовах 2024 року була аналогічна умовам 2023, проте відсоток впливу чинників дещо відрізнявся. Дисперсійний аналіз свідчить, що найбільш впливовим був фактор А (сорт), частка його впливу склала 50%, спосіб сівби (фактор В) впливав на 21%, норма висіву насіння (фактор С) – на 11%. У взаємодії фактори впливали на 1-10%, найбільшою була взаємодія факторів АС, а інші чинники – на 1% (рис. 4.2).

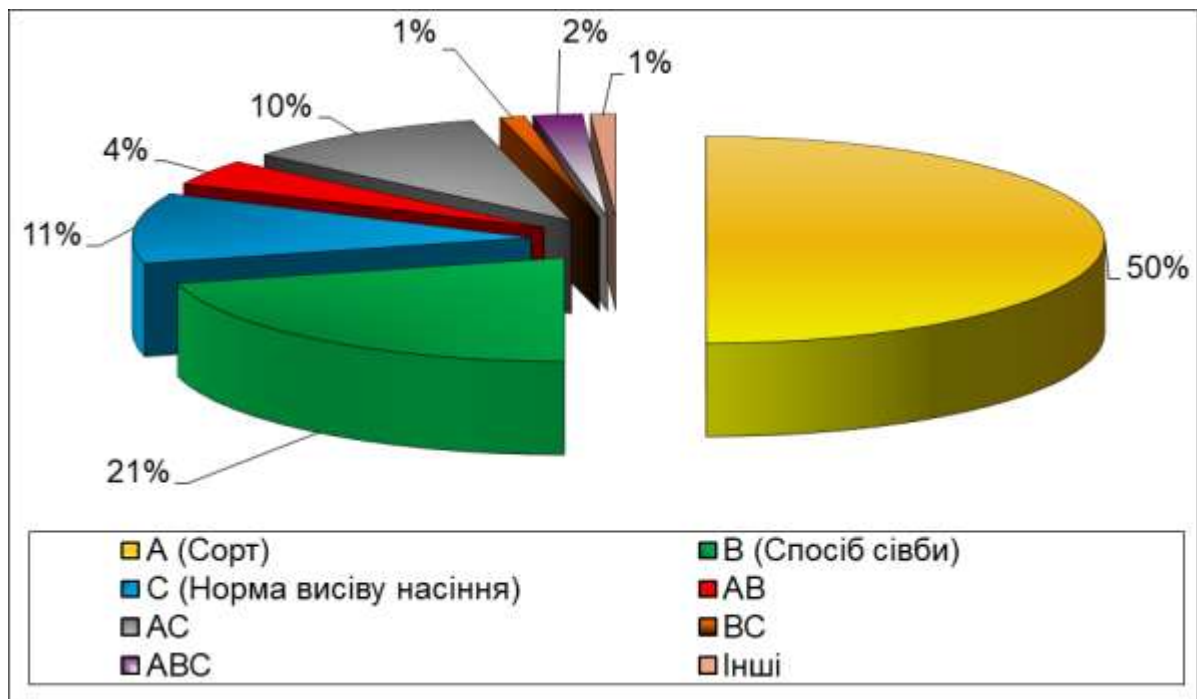


Рис. 4.2. Частка впливу факторів на урожайність сої (2024 рік)

Умови 2025 року були більш сприятливими для формування урожайності сої, порівняно з умовами 2024 року, проте за урожайністю дещо поступалися посівам умов 2023 року. Слід відмітити, що у 2025 році спека та тривала відсутність опадів у літні місяці традиційно припали на фази цвітіння та наливу зерна, проте такий кліматичний удар найсильніше відчули центральні та східні регіони України, а погодно-кліматичні умови Лісостепу були цілком сприятливі для формування високої урожайності сої.

У 2025 році, як і в попередньо-аналізовані роки, спостерігалась аналогічна тенденція до впливу досліджуваних факторів на продуктивність

рослин. Так, оптимальну урожайність у сорту Сяйво 4,23 т/га отримано за двострічкового способу сівби нормою висіву 700 тис. насінин/га, що вище за контроль на 0,91 т/га. Середньостиглий сорт Сяйво сформував урожайність залежно від варіанту від 3,80 до 4,41 т/га, найбільший ефект мали спосіб сівби за типом twin row з нормою висіву насіння 500 штук на гектар.

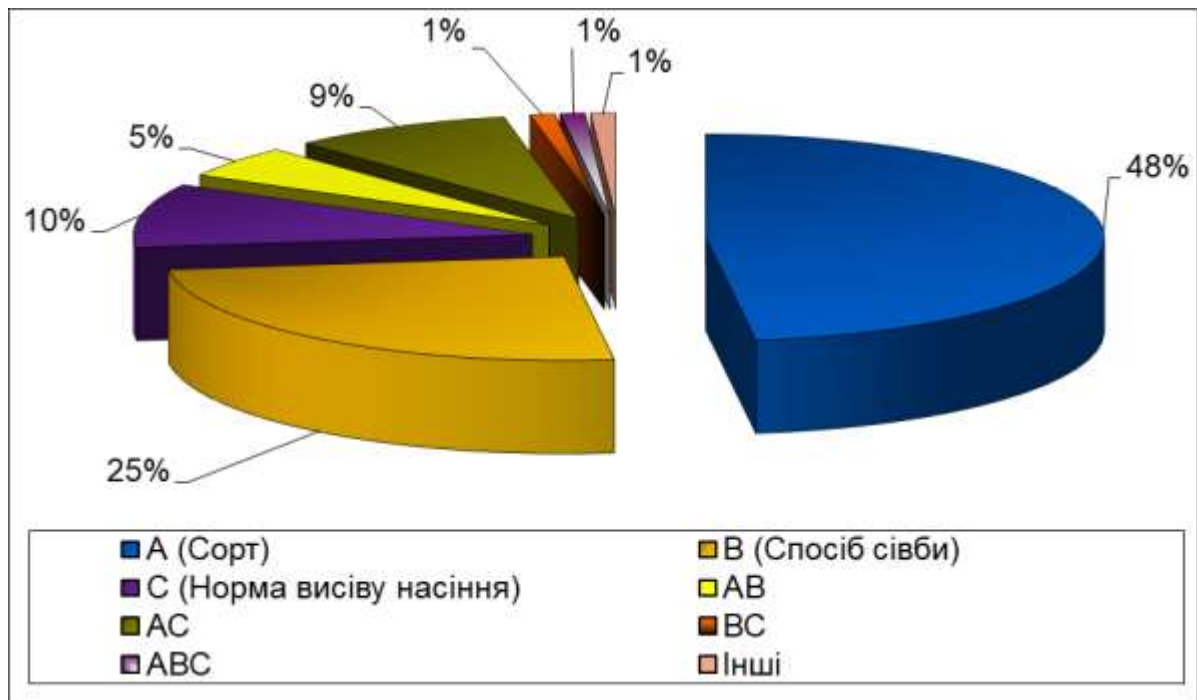


Рис. 4.3. Частка впливу факторів на урожайність сої (2025 рік)

На рисунку 4.3. відображена кругова діаграма впливу досліджуваних факторів на формування урожайності зерна сої в умовах 2025 року. Найбільш впливовим, як і в умовах 2023 та 2024 років був сорт (фактор А), частка впливу склала 48%, спосіб сівби впливав на 25%, а фактор С (норма висіву насіння) впливав на 10%. У взаємодії фактори впливали на 1-9%, найбільшою була взаємодія факторів АС, а інші чинники – на 1%.

В середньому за три роки досліджень урожайність сої у всіх досліджуваних сортів була вищою за сівби двострічковим способом за типом twin row з нормами висіву для сортів: Моцарт та Сяйво – 700 тис. шт/га, а Сенсор – 500 тис. шт/га, з показниками відповідно: 3,13; 4,22 та 4,40 т/га (табл. 4.2).

Урожайність зерна різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.), т/га

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. насінин / га (С)			
		400	500	600	700
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	-	3,3	-	-
Моцарт	широкорядний (45 см)	2,2	2,7	3,0	3,1
	twin row (19×38 см)	2,6	2,9	3,1	3,4
Сяйво	широкорядний (45 см)	2,5	2,9	3,3	3,5
	twin row (19×38 см)	3,5	4,0	4,2	3,9
Сенсор	широкорядний (45 см)	3,9	4,1	3,9	3,6
	twin row (19×38 см)	4,2	4,4	4,2	3,9

Середньоранній сорт сої Сяйво та середньостиглий сорт Сенсор виявились більш урожайні з показниками в межах 2,5-4,4 т/га, що істотно перевищувало ультра ранній сорт Моцарт та перевищували сортостандарт, що взято за контроль, на 0,2-1,1 т/га. Відхилення від контролю залежно від варіанту досліду були в межах -0,8-0,1 (рис. 4.1).

Слід відмітити, що урожайність сорту сої Моцарт та варіанти широкорядної сівби нормами висіву насіння 400 та 500 тис. шт/га поступалися контрольному варіанту (сорту Моравія за сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 500 тис. нас/га), всі інші варіанти – перевищували контроль.

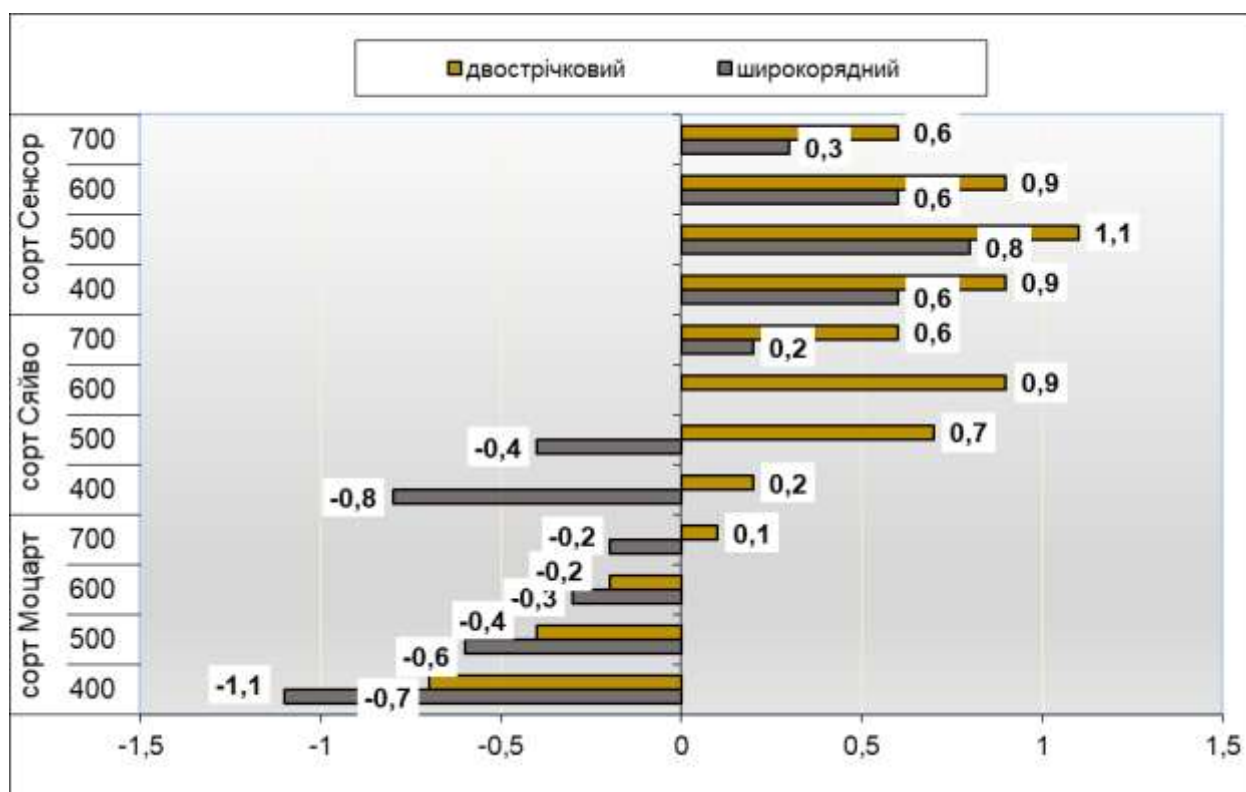


Рис. 4.1. Відхилення показників урожайності від контролю досліджуваних сортів сої (середнє за 2023-2025 рр.), т/га

Проведений тест Дункана показав істотну різницю за урожайністю між досліджуваними сортами сої, оскільки показники розподілились за різними гомогенними групами, виключенням був сорт Сяйво та сорт Моравія, який прийнято за контроль, усереднені показники урожайності склали відповідно: 3,48 та 3,30 т/га (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Залежність урожайності зерна сої залежно від сорту
за тестом Дункана (2023-2025 рр.)**

Сорт (А)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи		
		I	II	III
Моравія (контроль)	3,3		***	
Моцарт	2,88			***
Сяйво	3,48		***	
Сенсор	4,03	***		

Середні значення урожайності за фактором В (спосіб сівби) за тестом Дункана показав істотну різницю між варіантами, оскільки показники розподілились за двома різними гомогенними групами (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Залежність урожайності зерна сої від способу сівби
за тестом Дункана (2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи	
		I	II
широкорядний (45 см)	3,23		***
twin row (19×38 см)	3,70	***	

Тест Дункана показав, що середні значення урожайності за фактором С (норма висіву насіння) знаходились в межах 3,15-3,62 т/га, різниця між варіантами складала 0,05-0,47 т/га. Між нормами висіву насіння за урожайністю була істотна різниця, оскільки значення були у різних гомогенних групах, за виключенням норм висіву 600 та 700 тис. шт/га, між якими різниця в урожайності склала 0,05 т/га і була неістотна (табл.4.5).

Таблиця 4.5

**Залежність урожайності зерна сої від норми висіву насіння
за тестом Дункана (2023-2025 рр.)**

Норма висіву насіння, тис. шт/га (С)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи		
		I	II	III
400	3,15			***
500	3,47		***	
600	3,62	***		
700	3,57	***		

4.2. Показники якості зерна сої

4.2.1. Вміст білка в зерні сої

У сучасних соціально-економічних реаліях України соя здатна забезпечити продовольчу безпеку завдяки високому потенціалу подолання дефіциту харчового і кормового протеїну. На відміну від тваринництва, відродження якого потребує тривалого часу, нарощування обсягів вирощування цієї культури є оперативним та економічно вигідним способом отримання повноцінного білка, що за якістю не поступається продуктам тваринного походження [189].

Насіння сої відзначається збалансованим та багатим хімічним складом. Зокрема, воно містить від 35% до 52% повноцінного за амінокислотним профілем протеїну (із високим вмістом лізину та триптофану), а також 17–27% рослинних жирів з оптимальним співвідношенням жирних кислот. Вуглеводна фракція представлена легкозасвоюваними цукрами (18–25%), а мінеральний комплекс становить близько 5%. Окрім базових вітамінів, культура є джерелом низки біологічно активних речовин, серед яких фосфоліпіди, лектини, сапоніни, ізофлавіони, олігосахариди, фітати та вітаміни групи В.

Проблема вирощування насіння сої з оптимізованими біохімічними параметрами та високими товарними властивостями не втрачає своєї гостроти. Це зумовлює необхідність комплексної оцінки сучасного високопродуктивного генофонду сортів, а також розробки й адаптації прогресивних елементів сортової агротехніки до умов конкретних ґрунтово-кліматичних регіонів.

Зернобобові культури, зокрема соя, як одне з найбагатших рослинних джерел білка (35-55% складу), який за складом амінокислот наближається до тваринного, забезпечуючи повноцінне харчування, цікавить наукову спільноту як об'єкт для вивчення.

Серед зернобобових культур (зокрема гороху, нуту й квасолі) соя культурна вирізняється найвищим сумарним вмістом протеїну та ліпідів у насінні. Це забезпечує максимальний збір цих речовин з одиниці площі навіть за умов меншої зернової продуктивності. За збалансованістю незамінних амінокислот соя посідає перше місце, випереджаючи люпин, горох та кормові боби. Наприклад, в 1 кг соєвого насіння концентрація амінокислот сягає 169,8 г, що майже вдвічі перевищує аналогічний показник гороху (86,6 г). Харчову та кормову перевагу сої посилює також багатий мікроелементний склад, загальна кількість якого коливається в межах 176,5–215,6 мг/кг. Зокрема, за накопиченням марганцю (Mn) вона удвічі переважає сочевицю, чину, боби та горох. [190].

У роботах Ткачука О. П. Дідура І.М., Мазура О.В. було проаналізувати сортовий склад середньо ранньостиглих сортів сої за показниками висоти рослин та прикріплення нижніх бобів, стійкості до вилягання, осипання, посухостійкості, стійкості до хвороб, урожайністю насіння та вмістом у ньому білка і жиру [191].

Флакей В. В. в своїх дослідженнях відображає залежність показників вмісту білка, олії та врожайності сої від біологічних препаратів та систем обробітку ґрунту [192].

Показники врожайності, біохімічні параметри зерна (зокрема концентрація протеїну й ліпідів), а також кінцевий збір цих речовин із площі суттєво обумовлені сортовими особливостями та гідротермічним режимом періоду вегетації. Дослідження В. В. Любича, В. І. Войтовської та їхніх колег доводять, що в регіоні Правобережного Лісостепу задля гарантованого отримання високих обсягів рослинного білка за мінливих погодних умов доцільно використовувати сорт Аріса, який поєднує високу врожайність із підвищеною білковістю насіння. Також науковці рекомендують сорт Аляска завдяки стабільно високому вмісту білка в зерні та здатності забезпечувати максимальний збір олії за умов достатнього зволоження [193].

Вивченню закономірностей формування продуктивності та якісних характеристик сої присвячено низку праць вітчизняних дослідників. Зокрема, С. С. Рябуха, П. В. Чернишенко та їхні співавтори досліджували вплив гідротермічних умов східного Лісостепу України на рівень урожайності та якість зерна, а також оцінювали екологічну пластичність цих ознак. Науковці довели, що загальний вміст протеїну та ліпідів у насінні лімітується саме кількістю білка і не виявляє залежності від концентрації олії. При цьому кінцевий збір обох компонентів з одиниці площі не залежав від масової частки білка, проте мав зворотний кореляційний зв'язок із маслянистістю. [194]. Водночас О. В. Нікітенко та О. І. Поляков аналізували параметри продуктивності сої в умовах беззмінного вирощування. Автори встановили, що раціональний підбір сортового асортименту та оптимізація елементів технології (системи удобрення й обробітку ґрунту) дозволяють мінімізувати деструктивний вплив монокультури та гарантувати стабільну врожайність [195].

Дослідженнями Я. М. Гадзала, Р. А. Вожегової та Я. О. Лікаря доведено, що під час вирощування сої в умовах зрошення у Південному Степу України ключова роль у формуванні білковості насіння належить генотипу (сортовим особливостям) та системі захисту посівів. Найвищі показники накопичення протеїну зафіксовано у сорту Святогор (41,2%) за умови його висіву в другий строк та впровадження хімічного захисту. Аналогічно, сорт Даная продемонстрував максимальний результат (39,7%) за першого строку сівби та аналогічної схеми хімічного захисту рослин [196].

У дослідженнях М. В. Івасик доведено, що оптимізація технологічних прийомів позитивно впливає на якість насіння сої. Зокрема, максимальний рівень білка (39,8%) зафіксовано у сорту Ультра за умови його вирощування широкорядним способом із внесенням регулятора росту. Водночас найвищою олійністю (22,3%) відзначився сорт Білявка, коли сівбу проводили суцільним рядковим методом (із міжряддям 15 см) на тлі застосування стимулятора росту Гіберелін [197].

Отже, досліджень з питань впливу агротехнічних заходів та сортових особливостей сої проводиться чимало, проте висвітлення питання якості зерна різних за стиглістю сортів сої залежно від поєднання нетрадиційних способів сівби та норм висіву насіння потребують детального вивчення.

Серед задач наших досліджень – встановлення впливу способу сівби та норми висіву насіння на показники якості зерна різних за стиглістю сортів сої за вирощування в умовах Лісостепу західного.

Вміст білка у зерні сої залежить від генетичних особливостей сорту, гідротермічних умов вирощування (підвищена температура та брак вологи збільшують білок), мінерального живлення (особливо азот) та застосування біопрепаратів. Посушливі умови сприяють вищому протеїну, але зменшують вміст жиру. Нами визначено вміст білка у зерні сої залежно від способів сівби та норм висіву насіння. Показник залежно від досліджуваних чинників коливався в межах 38,0-44,8 % (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Вміст білка в зерні різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.), %

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. насінин / га (С)			
		400	500	600	700
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	-	38,0	-	-
Моцарт	широкорядний (45 см)	41,0	41,5	42,1	43,2
	tvin row (19×38 см)	41,2	43,0	43,5	44,8
Сяйво	широкорядний (45 см)	38,0	38,3	38,1	38,4
	tvin row (19×38 см)	38,6	39,3	39,2	39,0
Сенсор	широкорядний (45 см)	41,8	42,1	42,0	41,3
	tvin row (19×38 см)	42,7	42,9	42,5	42,2

Максимальним вмістом білка характеризувалися сорти: Моцарт (з показниками – 41,0-44,8 %) та сорт Сенсор (з показниками 41,3-42,9 %). Як видно, способи сівби та норми висіву насіння істотно впливали на накопичення вмісту білка, проте відіграли роль і генетичні та біологічні особливості сортів. Ультра ранні сорти, до яких відноситься сорт Моцарт, характеризуються вищим вмістом білка через генетичні особливості, спрямовані на швидке формування насіння, та коротший період вегетації, що в свою чергу обмежує накопичення олії. Винятком в цьому твердженні є сорт Сенсор, який адаптований до різних умов вирощування, підходить для посіву в Лісостепу, Поліссі та Степу. Цей сорт відзначається високою стійкістю до вилягання і посухи.

Щодо впливу способів сівби, більш ефективним для усіх сортів був двострічковий спосіб, за якого на всіх варіантах отримано вищий вміст білка. Норми висіву на вміст білка у різних сортів впливали по-різному. Так, у сорту Моцарт найвищий показник 38,4 % був за норми 700 тис. шт/га; для сорту Сяйво максимальний вміст білка 39,3 % був за норми висіву насіння 600 тис. шт/га; для Сорту Сенсор – 42,9 % за норми висіву насіння 500 тис. шт/га.

4.2.2. Вміст олії в зерні сої

Вміст олії (олійність) насіння сої є генетично обумовленою ознакою, яка у сучасних сортів зазвичай коливається в межах 17–25% (у деяких випадках до 27%). Проте цей показник сильно варіює залежно від групи стиглості, напряму селекції та умов вирощування.

В наших дослідженнях вміст олії у сортів сої залежав від усіх факторів експерименту, найменшим характеризувався ультра ранній сорт Моцарт (18,6-22,3 %), а максимальним – середньостиглий сорт Сенсор (22,2-22,8 %) (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Вміст олії в зерні різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.), %

Сорт (А)	Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. насінин / га (С)			
		400	500	600	700
Моравія (контроль)	широкорядний (45 см)	-	21,2	-	-
Моцарт	широкорядний (45 см)	18,6	18,9	20,3	22,2
	twin row (19×38 см)	19,2	20,6	22,0	22,3
Сяйво	широкорядний (45 см)	21,0	21,3	21,2	21,3
	twin row (19×38 см)	21,8	22,0	22,3	22,6
Сенсор	широкорядний (45 см)	22,4	22,5	22,4	22,2
	twin row (19×38 см)	22,7	22,8	22,7	22,5

Оптимальним вмістом олії 22,8 % характеризувався сорт Сенсор за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт / га, а також сорт Сяйво (22,6 %) за сівби цим же способом нормою висіву насіння 700 тис. шт / га.

4.2.3. Маса 1000 зерен сої

Маса 1000 зерен сої залежить від сорту, умов вирощування та наповненості зерна. Ранньостиглі сорти або сорти, що вирощуються в посушливих умовах, можуть мати меншу масу, тоді як у сприятливих умовах маса може бути вищою. Урожайність зерна сої значною мірою залежить від маси 1000 зерен. В наших дослідженнях ультра ранній сорт Моцарт характеризувався найменшою масою 1000 зерен, порівняно з іншими досліджуваними сортами, показник у цього сорту у розрізі варіантів становив

150-161 грам У середньораннього сорту Сяйво та середньостиглого Сенсор маса 1000 зерен була в межах 160-180 грам.

Оптимальний показник був у сорту Сяйво за сівби способом twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. шт / га (рис. 4.2).

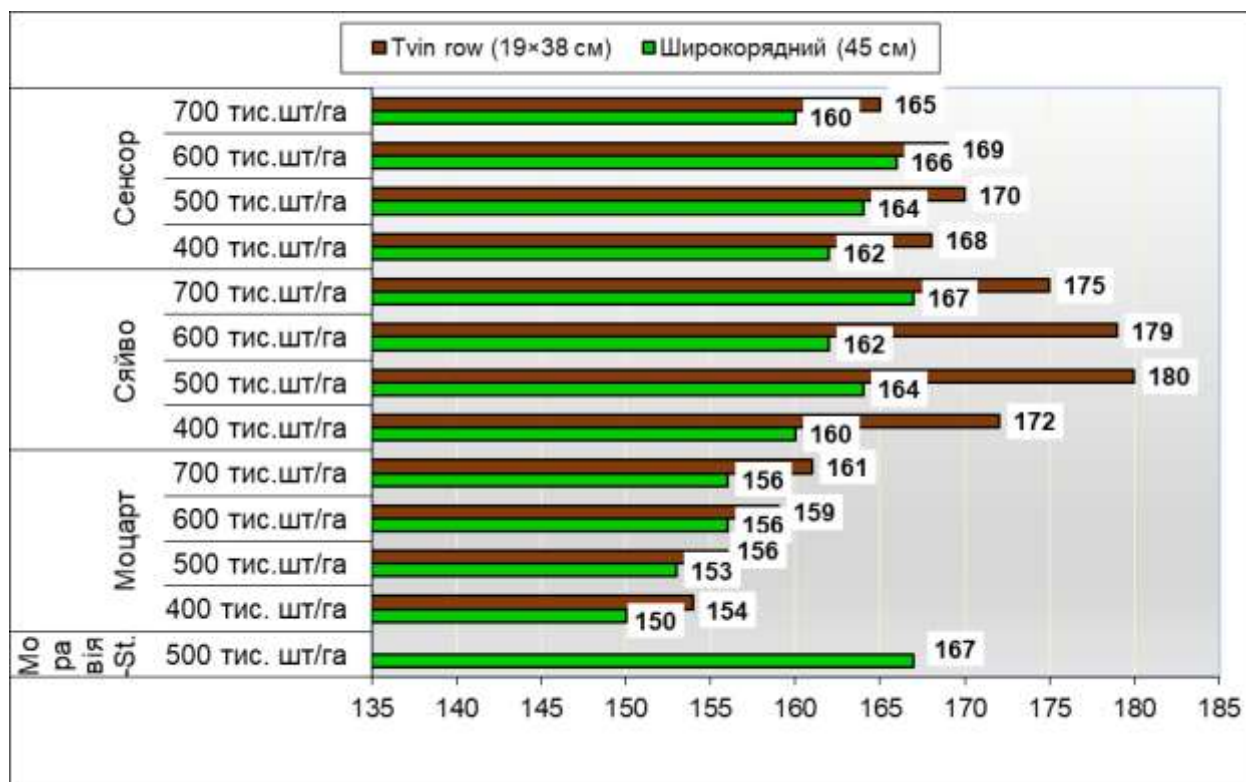


Рис.4.2. Маса 1000 зерен різностиглих сортів сої залежно від способу сівби та норми висіву насіння, г (середнє за 2023-2025 рр.)

Висновки до розділу 4:

1. В середньому за три роки досліджень урожайність сої у всіх досліджуваних сортів була вищою за сівби двострічковим способом за типом twin row з нормами висіву для сортів: Моцарт та Сяйво – 700 тис. шт/га, а Сенсор – 500 тис. шт/га, з показниками відповідно: 3,13; 4,22 та 4,40 т/га.

2. Середньоранній сорт сої Сяйво та середньостиглий сорт Сенсор виявились більш урожайні з показниками в межах 2,5-4,4 т/га, що істотно перевищувало ультра ранній сорт Моцарт та перевищували сортостандарт,

що взято за контроль, на 0,2-1,1 т/га. Відхилення від контролю залежно від варіанту досліду були в межах -0,8-0,1.

3. Урожайність сорту сої Моцарт та варіанти широкорядної сівби нормами висіву насіння 400 та 500 тис. шт/га поступалися контрольному варіанту (сорту Моравія за сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 500 тис. нас/га), всі інші варіанти – перевищували контроль.

4. На хімічний склад (вміст білка та олії) та технологічні показники (маса 1000 зерен) різностиглих сортів сої мали вплив способи сівби та норми висіву насіння. Так, у сорту Моцарт найвищий вміст білка 38,4 % був за норми висіву насіння 700 тис. шт/га; для сорту Сяйво максимальний вміст білка 39,3 % був за норми висіву насіння 600 тис. шт/га; для Сорту Сенсор – 42,9 % за норми висіву насіння 500 тис. шт/га.

5. Оптимальним вмістом олії 22,8 % характеризувався сорт Сенсор за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт / га, а також сорт Сяйво (22,6 %) за сівби цим же способом нормою висіву насіння 700 тис. шт / га.

6. Ультра ранній сорт Моцарт характеризувався найменшою масою 1000 зерен (150-161 грам). У середньораннього сорту Сяйво та середньостиглого Сенсор маса 1000 зерен була в межах 160-180 грам. Оптимальний показник був у сорту Сяйво за сівби способом twin row (19×38 см) нормою висіву 500 тис. шт / га.

Опубліковані праці до розділу 4:

197. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Урожайність різностиглих сортів сої залежно від способів сівби та норм висіву насіння в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2025. Вип. 146. Частина 2. С.91-96.

198. Олійник Ю.А., Хоміна В.Я. Показники якості зерна різностиглих сортів сої залежно від технологічних факторів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2026. Вип. 147. Частина 2. С.93-98.

199. Олійник Ю.А., Хоміна В.Я. Особливості технології вирощування сої за в умовах Лісостепу Західного. *«Інноваційні технології в рослинництві»*: зб. матеріалів XIII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, 25 квітня 2025 року. м. Кам'янець-Подільський: Видавництво ЗВО «ПДУ». 2025. С.109-110.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКИ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ

5.1. Економічна ефективність

Інтеграція України до європейського економічного простору та глобалізаційні процеси вимагають від вітчизняного агросектору підвищення конкурентоспроможності зернобобових культур, передусім сої, з одночасним забезпеченням екологічної та продовольчої безпеки [200]. Ключовими чинниками зростання економічної ефективності в цій сфері є інтенсифікація виробництва, оптимізація витрат та вдосконалення збутової логістики. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває модернізація елементів агротехніки, які гарантують високу врожайність, покращення якісних показників зерна сої та максимальну прибутковість її реалізації.

Динамічний розвиток світового та вітчизняного аграрних ринків, а також євроінтеграційні процеси в економіці України вимагають від сільськогосподарських підприємств постійного підвищення конкурентоспроможності продукції. У структурі зернобобових культур соя посідає одне з ключових місць, оскільки вона є цінним джерелом рослинного білка та високоякісної олії, а також незамінним компонентом у системі продовольчої й екологічної безпеки держави.

Економічне обґрунтування технології вирощування сої є вирішальним етапом досліджень, який дозволяє оцінити фінансову доцільність впровадження нових агротехнічних заходів, сортів.

Оцінка ефективності виробництва дає змогу чітко зіставити матеріально-грошові витрати із кінцевими результатами господарської діяльності.

У цьому розділі проведено детальний фінансово-економічний аналіз вирощування сої, який базується на дослідженні таких показників:

Структура та обсяг виробничих витрат на одиницю площі (1 га) за різних елементів технології.

Рівень рентабельності виробництва, умовний чистий прибуток від реалізації продукції.

Вплив окремих агротехнічних чинників (способів сівби та норм висіву) на формування кінцевого фінансового результату.

Результати проведених розрахунків дозволять визначити найбільш окупні та ресурсощадні варіанти технології, що забезпечать високу прибутковість вирощування сої в сучасних умовах господарювання.

Останнім часом в Україні для оптимізації процесів фотосинтезу у посівах різних сільськогосподарських культур, які в свою чергу – корелюють з урожайністю, значний акцент роблять на ефективність двострічкових способів сівби. При визначенні гіпотези нашого експерименту, в дослідження включили спосіб сівби twin row або двострічковий (19×38 см), з метою порівняння його з точки зору ефективності і економічної доцільності з більш традиційним – широкорядним (45 см).

З метою всесторонньої економічної оцінки різних умов вирощування сої нами враховувались такі економічні показники: урожайність зерна сої (т/га), вартість валової продукції з 1 га (грн), виробничі витрати на 1 гектар (грн), умовно-чистий прибуток з 1 га (грн), рівень рентабельності (%).

Найбільш урожайними в дослідженнях були сорти: Сяйво за сівби двострічковим способом (twin row) нормою висіву насіння 600 тис. насінин / га з показником 3,7 т/га та Сенсор за сівби двострічковим способом (twin row) нормою висіву насіння 500 тис. насінин / га з показником 3,95 т/га, і найменш урожайним – сорт Моцард з показником 1,96 т/га на варіанті з нормою висіву 400 тис. насінин / га широкорядним способом (табл. 5.1-5.3).

Проведені розрахунки економічної ефективності вирощування сої, дають право стверджувати, що досліджувані нами чинники, по різному впливають на ці показники.

Вартість валової продукції залежала від урожайності досліджуваних сортів на варіантах досліджень, реалізаційна ціна продукції – 15000 грн/т.

Вартість валової продукції сої сорту Моцарт коливався в межах 29400-44700 грн/га, оптимальний показник був за сівби за типом twin row норми висіву насіння 700 тис. шт/га з перевищенням контролю (сорт Маравія, широкорядний спосіб сівби (45 см), норма висіву насіння 500 тис. шт/га) на 1350 грн/га (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування сої сорту Моцарт залежно від способів сівби та норм висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.)

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожай -ність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Моравія (А) – контроль						
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	43350	24375	18975	78
Сорт Моцарт (А)						
широкорядний (45 см)	400	1,96	29400	23500	5900	26
	500	2,29	34350	24375	9975	41
	600	2,58	38700	25250	13450	53
	700	2,67	40050	26125	13925	53
twin row (19×38 см)	400	2,19	32850	22200	10650	48
	500	2,48	37200	23075	14125	61
	600	2,64	39600	23950	15650	65
	700	2,98	44700	24825	19875	80

Всі інші досліджувані варіанти поступались контрольному варіанту за вартістю валової продукції.

Витрати на вирощування залежали від вартості висіяного насіннєвого матеріалу та способу сівби, тому у розрізі варіантів коливались від 23075 до 26125 грн/га. За широкорядного способу сівби додаткові витрати були на проведення міжрядних обробітків. Максимальні витрати були за сівби сої широкорядним способом нормою висіву насіння 700 тис. шт/га.

Умовно чистий прибуток в агрономічних та економічних дослідженнях показує фінансовий результат від реалізації вирощеної продукції без урахування загальногосподарських (накладних) витрат підприємства. Він демонструє, наскільки вигідною є сама технологія вирощування культури (чи конкретний досліджуваний варіант), якщо оцінювати лише прямі витрати на полі.

Умовно чистий прибуток у сорту Моцарт максимальним був за за сівби за типом twin row норми висіву насіння 700 тис. шт/га, він становив 19875 грн/га, що на 900 грн/га вище, ніж на контролі. Мінімальний умовно чистий прибуток 9975 грн/га був на варіанті широкорядної сівби нормою висіву 500 грн/га.

Оптимальний рівень рентабельності у сорту Моравія 80% отримано за сівби за типом twin row норми висіву насіння 700 тис. шт/га, що перевищило контроль на 2%.

Сорт сої Сяйво був більш продуктивний за сорт Моцарт, урожайність цього сорту була в межах 2,59-3,70 т/га, умовно чистий прибуток становив від 15350 до 31550 грн/га. Для сорту Сяйво оптимальні економічні показники забезпечив спосіб сівби за типом twin row нормою висіву 600 тис. шт/га, рівень рентабельності на цьому варіанті становив 132%, що перевищило контрольний варіант на 60%. У порівнянні з сортом сої Моцарт, сорт Сяйво на кращому варіанті забезпечив рівень рентабельності на 27% (табл. 5.2).

Економічна ефективність вирощування сої сорту Сяйво залежно від способів сівби та норм висіву насіння (середнє за 2023-2025 рр.)

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Моравія (А) – контроль						
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	43350	24375	18975	78
Сорт Сяйво (А)						
широкорядний (45 см)	400	2,59	38850	23500	15350	65
	500	2,86	42900	24375	18525	76
	600	2,98	44700	25250	19450	74
	700	3,07	46050	26125	19925	76
twin row (19×38 см)	400	3,03	45450	22200	23250	105
	500	3,56	53400	23075	30325	131
	600	3,70	55500	23950	31550	132
	700	3,42	51300	24825	26475	107

Вартість валової продукції сорту Сенсор, виходячи з урожайності, була максимальною, порівняно з контрольним варіантом та іншими досліджуваними сортами, показник був в межах 47250-59250 грн/га, що перевищувало контроль на 3900-15900 грн/га.

Умовно чистий прибуток у сорту Сенсор був в межах 21125-36175 грн / га. Максимальний умовно-чистий прибуток 36175 грн / га отримано у сої сорту Сенсор за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. насінин / га. Для сорту Сяйво кращим виявився аналогічний варіант з умовно-чистим прибутком 31550 грн / га.

**Економічна ефективність вирощування сої сорту Сенсор залежно від способів сівби та норм висіву насіння
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Моравія (А) – контроль						
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	43350	24375	18975	78
Сорт Сенсор (А)						
широкорядний (45 см)	400	3,46	51900	23500	28400	121
	500	3,68	55200	24375	30825	126
	600	3,47	52050	25250	26800	106
	700	3,15	47250	26125	21125	81
twin row (19×38 см)	400	3,75	56250	22200	34050	153
	500	3,95	59250	23075	36175	157
	600	3,77	56550	23950	32600	136
	700	3,44	51600	24825	26775	108

Таким чином, проведена економічна оцінка досліджуваних чинників в технології вирощування сої показує, що їх використання – економічно ефективні заходи в землеробстві, які сприяють підвищенню урожайності, зниженню собівартості продукції, підвищенню прибутку з 1 га, рентабельності виробництва та окупності виробничих витрат, що так необхідно за сучасного стану сільського господарства.

Рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні 26-157%. Найбільший рівнем рентабельності 132 та 157% отримано у сорту Сяйво за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння

600 тис. шт /га та у сорту Сенсор за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. шт /га відповідно.

5.2. Енергетична оцінка

Оцінка виробничих витрат у сільському господарстві в енергетичних еквівалентах (ккал, Дж або МДж) дозволяє звести витрати праці та матеріально-технічних засобів до єдиного інтегрального показника. Це дає змогу точно визначити питому вагу кожного чинника у формуванні врожайності конкретної культури. Для забезпечення енергоощадного характеру вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й сої, необхідне суворе дотримання технологічної дисципліни, що передбачає високоякісне та своєчасне виконання всіх польових операцій.

Головна унікальність сої порівняно з іншими культурами (наприклад, кукурудзою чи соняшником) полягає в її здатності до біологічної фіксації азоту з повітря, що кардинально знижує витрати штучної енергії на виробництво мінеральних добрив.

Витрати енергії на вирощування сої коливались в межах 4,12-4,38 ГДж/га, істотно ці показники відрізнялись залежно від способу сівби та норм висіву насіння: 400, 500 та 600, 700 тис. шт/га (табл. 5.4).

Вихід валової енергії залежав від урожайності сої і у сорту Моцарт він коливався в межах 31,85-42,85 ГДж/га, що на 15,1-4,11 ГДж/га менше ніж на варіанті прийнятому за контроль.

Коефіцієнт енергетичної ефективності сорту Моцарт знаходився в межах 2,19-2,99, що на 1,13-0,33 поступається контролю.

Максимальними енергетичними показниками – виходом валової енергії 42,85 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,99 сорт Моцарт характеризувався за сівби за типом twin row нормою висіву насіння 700 тис. шт/га.

**Енергетична ефективність вирощування сої сорту Моцарт залежно від способів сівби та норм висіву насіння
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Витрати енергії на вирощування, ГДж/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Сорт Моравія (А) – контроль					
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	14,12	46,96	3,32
Сорт Моцарт (А)					
широкорядний (45 см)	400	1,96	14,12	31,85	2,25
	500	2,29	14,12	32,33	2,29
	600	2,58	14,35	37,02	2,58
	700	2,67	14,35	38,31	2,67
twin row (19×38 см)	400	2,19	14,15	30,99	2,19
	500	2,48	14,15	35,09	2,48
	600	2,64	14,38	37,96	2,64
	700	2,98	14,38	42,85	2,99

Розрахунки енергетичної ефективності вирощування сої сорту Сяйву показали, що показники були дещо вищими, порівняно із вирощуванням сорту Моцарт, витрати енергії на його вирощування склали від 36,57 до 60,12 ГДж/га, що на 4,72-17,27 ГДж/га перевищували аналогічні показники сорту Моцарт (табл. 5.5).

Коефіцієнт енергетичної ефективності сорту сої Сяйво коливався залежно від способу сівби та норми висіву насіння і був в межах 2,59-4,18.

Оптимальний Кее вирощування сої сорту Сяйво 4,18 був на варіанті сівби за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га.

**Енергетична ефективність вирощування сої сорту Сяйво залежно від способів сівби та норм висіву насіння
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Витрати енергії на вирощування, ГДж/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Сорт Моравія (А) – контроль					
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	14,12	46,96	3,32
Сорт Сяйво (А)					
широкорядний (45 см)	400	2,59	14,12	36,57	2,59
	500	2,86	14,12	40,38	2,86
	600	2,98	14,35	42,76	2,98
	700	3,07	14,35	44,05	3,07
twin row (19×38 см)	400	3,03	14,15	42,87	3,03
	500	3,56	14,15	57,85	4,09
	600	3,70	14,38	60,12	4,18
	700	3,42	14,38	55,57	3,86

Сорт сої Сенсор характеризувався максимальною урожайністю, порівняно з сортами: Моцарт, Моравія та Сяйво, відповідно у сорту Сенсор були і найвищі показники енергетичної ефективності.

Різниці між досліджуваними сортами за витратами енергії на вирощування не було, значення різнились залежно від способу сівби та норми висіву насіння.

Вихід валової енергії становив 51,19-64,19 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – в межах 3,57-4,53, що перевищувало контроль на 0,25-1,21

**Енергетична економічна ефективність вирощування сої сорту Сенсор
залежно від способів сівби та норм висіву насіння
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожай- ність, т/га	Витрати енергії на вирощу- вання, ГДж/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Коефіці- єнт енерге- тичної ефектив- ності
Сорт Моравія (А) – контроль					
широкоряд- ний (45 см) (контроль)*	500	2,89	14,12	46,96	3,32
Сорт Сенсор (А)					
широкоряд- ний (45 см)	400	3,46	14,12	56,22	3,98
	500	3,68	14,12	59,80	4,23
	600	3,47	14,35	56,39	3,93
	700	3,15	14,35	51,19	3,57
twin row (19×38 см)	400	3,75	14,15	60,94	4,25
	500	3,95	14,15	64,19	4,53
	600	3,77	14,38	61,26	4,26
	700	3,44	14,38	55,90	3,89

Доцільність вирощування сої з погляду енергетичного балансу базується на фундаментальних чинниках.

При вирощуванні сої колосальна енергоємність урожаю (високий вихід енергії). Насіння сої – це унікальний концентрат біологічної енергії. На відміну від зернових культур, які накопичують переважно крохмаль, соя синтезує: до 40–42% повноцінного білка та до 20–22% рослинної олії.

Оскільки жири та білки є значно більш енергомісткими сполуками, ніж вуглеводи, 1 тонна зерна сої акумулює в собі близько 26000–21000 МДж енергії. Для порівняння, енергетичний еквівалент тонни пшениці становить

лише близько 15 000 МДж. Через це кожен центнер зібраного врожаю сої забезпечує високий показник чистого енергетичного прибутку.

Соя має енергетичне самозабезпечення через азотофіксацію. Відомо, що виробництво азотних мінеральних добрив (аміачної селітри, карбаміду тощо) є найбільш енерговитратним процесом у хімічній промисловості. На виготовлення, транспортування та внесення 1 кг діючої речовини азоту витрачається близько 55–60 МДж антропогенної енергії.

Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями соя самостійно засвоює з повітря від 60% до 80% необхідного їй азоту. Отже, виходячи з цього вирощування сої відмічається економія енергії.

Енергетична доцільність сої виходить далеко за межі одного сезону. Після збирання врожаю вона залишає у ґрунті разом із кореневими та пожнивними рештками: від 50 до 100 кг/га чистого біологічного азоту; добре розпушений, структурований ґрунт із високим вмістом органіки. Наступна культура в сівозміні (наприклад, озима пшениця або кукурудза) може використовувати цей азот без додаткових фінансових та енергетичних витрат з боку аграрія. Це автоматично знижує сукупні енергетичні витрати на вирощування наступних культур у господарстві на 15–20%.

Отже, вирощування сої є доцільним як з економічної, так і з екологічної та енергетичної точок зору. Вона дозволяє аграрному підприємству суттєво зменшити залежність від енергомістких мінеральних добрив, оптимізувати витрати пального на одиницю отриманого протеїну та покращити загальний енергетичний баланс усього господарства, досліджувані нами чинники дали змогу визначити найбільш доцільні з енергетичної точки зору агротехнічні заходи.

Висновки до розділу 5:

1. Розрахунки економічної ефективності свідчать, що умовно чистий прибуток у сорту Сенсор був в межах 21125-36175 грн / га. Максимальний умовно-чистий прибуток 36175 грн / га отримано у сої сорту Сенсор за сівби

twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. насінин / га. Для сорту Сяйво кращим виявився аналогічний варіант з умовно-чистим прибутком 31550 грн / га.

2. Рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні 26-157%. Найбільший рівень рентабельності 132 та 157% отримано у сорту Сяйво за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 600 тис. шт /га та у сорту Сенсор за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. шт /га відповідно.

3. Розрахунками енергетичної ефективності вирощування сої встановлено істотну різницю за енергетичними показниками залежно від сорту, способу сівби та норми висіву насіння. Коефіцієнт енергетичної ефективності сорту Моцарт знаходився в межах 2,19-2,99, що на 1,13-0,33 поступається контролю.

Сорт Моцарт максимальними енергетичними показниками – виходом валової енергії 42,85 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,99 характеризувався за сівби за типом twin row нормою висіву насіння 700 тис. шт/га.

4. Сорт сої Сенсор характеризувався максимальною урожайністю, порівняно з сортами: Моцарт, Моравія та Сяйво, відповідно у сорту Сенсор були і найвищі показники енергетичної ефективності. Вихід валової енергії при вирощуванні цього сорту становив 51,19-64,19 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – в межах 3,57-4,53, що перевищувало контроль на 0,25-1,21.

5. Коефіцієнт енергетичної ефективності сорту сої Сяйво коливався залежно від способу сівби та норми висіву насіння і був в межах 2,59-4,18. Оптимальний Кое вирощування сої сорту Сяйво 4,18 був на варіанті сівби за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га.

Опублікована праця до розділу 5:

201. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Урожайність та економічна ефективність вирощування сої за різних способів сівби та норм висіву насіння в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2026. Випуск 1 (50). С. 207-211..

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального наукового завдання щодо підвищення продуктивності сої шляхом оптимізації елементів технології вирощування та біологічних факторів в умовах Лісостепу західного.

1. Погодні та ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень були типовими для зони Лісостепу західного з помірно-континентальним кліматом. Гідротермічний режим у роки проведення досліджень (2023–2025 рр.) загалом виявився сприятливим для сої та відповідав її біологічним особливостям. Певні коливання температурних показників та нерівномірність розподілу опадів по місяцях вегетації не спричинили критичного деструктивного впливу на підсумкову врожайність. Найбільш сприятливими виявились погодні умови 2023 року.

2. Сорт, спосіб сівби та норма висіву насіння впливали на формування морфометричних показників сої. Максимально високорослі рослини були у сорту сої Сенсор, показники коливались в межах 106,5-116,7 см. Найменш високорослі – у сорту в ультра раннього сорту 72,5-84,8 см.

3. Висота прикріплення нижнього бобу залежала від способу сівби, норми висіву насіння і найбільше – від особливостей сорту, в першу чергу від групи стиглості. Максимальний показник висоти прикріплення нижнього бобу був у середньостиглого сорту Сенсор за сівби широкорядним способом нормою висіву насіння 700 тис. шт /га, показник становив 16,6 см.

4. Найбільшою кількістю бобів на рослині характеризувався сорт сої Сенсор, найбільш комфортні умови для формування оптимальної кількості бобів 36,7 штук склались за сівби двострічковим способом (за типом twin row) нормою висіву насіння 500 тис. шт/га. Спостерігалась тенденція до підвищення показника із збільшенням вегетаційного періоду рослин, мінімальну кількість сформували рослини сої ультра раннього сорту і максимальну – середньостиглого сорту.

5. За даними регресійного аналізу між морфометричними показниками сої та досліджуваними чинниками виявлено середні та сильні кореляційні зв'язки від 0,44 до 0,91, за виключенням зв'язку між висотою рослини та кількістю бобів на рослині ($r=0,27$).

6. Оптимальною площею асиміляційної поверхні характеризувався середньостиглий сорт Сенсор, значення були в межах 52,4-56,3 тис. м²/га. Найбільш ефективним варіантом виявився двострічковий спосіб сівби з нормою висіву була 500 тис. насінин/га.

6. Найвищим фотосинтетичним потенціалом в межах 2,26-2,44 млн м² × днів/га характеризувався сорт сої Сенсор. Оптимальний показник був на варіанті способу сівби за типом twin row нормою висіву насіння 500 тис. шт/га.

7. Урожайність сої у всіх досліджуваних сортів була вищою за сівби двострічковим способом за типом twin row з нормами висіву для сортів: Моцарт та Сяйво – 700 тис. шт/га, а Сенсор – 500 тис. шт/га, з показниками відповідно: 3,13; 4,22 та 4,40 т/га.

Середньоранній сорт сої Сяйво та середньостиглий сорт Сенсор виявились більш урожайні з показниками в межах 2,5-4,4 т/га, що істотно перевищувало ультра ранній сорт Моцарт та перевищували сортостандарт, що взято за контроль, на 0,2-1,1 т/га. Відхилення від контролю залежно від варіанту досліду були в межах -0,8-0,1.

8. На хімічний склад (вміст білка та олії) та технологічні показники (маса 1000 зерен) різностиглих сортів сої мали вплив способи сівби та норми висіву насіння. У сорту Сяйво максимальний вміст білка 39,3 % був за норми висіву насіння 600 тис. шт/га; для Сорту Сенсор – 42,9 % за норми висіву насіння 500 тис. шт/га.

9. Оптимальним вмістом олії 22,8 % характеризувався сорт Сенсор за сівби двострічковим способом нормою висіву насіння 500 тис. шт / га, а також сорт Сяйво (22,6 %) за сівби цим же способом нормою висіву насіння 700 тис. шт / га.

10. У середньораннього сорту Сяйво та середньостиглого Сенсор маса 1000 зерен була в межах 160-180 грам. Оптимальний показник був у сорту Сяйво за сівби способом twin row (19×38 см) нормою висіву 500 тис. шт / га.

11. Розрахунки економічної ефективності свідчать, що максимальний умовно-чистий прибуток 36175 грн / га отримано у сої сорту Сенсор за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. насінин / га. Для сорту Сяйво кращим виявився аналогічний варіант з умовно-чистим прибутком 31550 грн / га.

12. Рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні 26-157%. Найбільший рівень рентабельності 132 та 157% отримано у сорту Сяйво за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 600 тис. шт /га та у сорту Сенсор за сівби twin row (19×38 см) нормою висіву насіння 500 тис. шт /га відповідно.

13. Розрахунками енергетичної ефективності вирощування сої встановлено істотну різницю за енергетичними показниками залежно від сорту, способу сівби та норми висіву насіння. Сорт сої Сенсор характеризувався максимальною урожайністю, порівняно з сортами: Моцарт, Моравія та Сяйво, відповідно у сорту Сенсор були і найвищі показники енергетичної ефективності. Вихід валової енергії при вирощуванні цього сорту становив 51,19-64,19 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – в межах 3,57-4,53, що перевищувало контроль на 0,25-1,21.

Коефіцієнт енергетичної ефективності сорту сої Сяйво коливався залежно від способу сівби та норми висіву насіння і був в межах 2,59-4,18. Оптимальний Кое вирощування сої сорту Сяйво 4,18 був на варіанті сівби за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі отриманих результатів досліджень, їх економічного і енергетичного обґрунтування та з метою підвищення урожайності зерна сої агроформуванням Лісостепу західного рекомендуємо:

1). При підборі сортів з метою підбору найбільш продуктивних і адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу західного перевагу слід надати середньоранньому сорту сої Сяйво та середньостиглому сорту сої Сенсор.

2). Для отримання урожайності на рівні 4,2 т/га сівбу середньостиглого сорту Сяйво слід проводити за типом twin row нормою висіву насіння 600 тис. шт/га.

3). Для отримання урожайності на рівні 4,4 т/га сівбу середньостиглого сорту Сяйво слід проводити за типом twin row нормою висіву насіння 500 тис. шт/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А. О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. К. Аграрна наука, 1998. 272 с.
2. Бахмат О. М. Вплив агроекологічних умов на формування врожайності зерна сої в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Наукові проблеми виробництва зерна в Україні та сучасні методи їх вирішення: Тези всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів*. 10-11 лютого 2000 р. Дніпропетровськ, 2000. С. 94.
3. Мойсеєнко В. В., Маліновський А. С. Проблеми вирощування та використання сої в різних екологічних умовах Житомирщини. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 40-41.
4. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Світові ресурси рослинного білка. *Селекція і насінництво*. 2008. Вип. 96. С. 215–222.
5. Дерев'янський В.П. Агроекологічне обґрунтування технологій вирощування сої: Монографія. Хмельницький: Хмельницький ЦНП, 2011. 438 с.
6. Leggett M., Diaz-Zorita M., Koivunen M. et al. Soybean Response to Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* in the United States and Argentina. *Agronomy journal*. 2017. Vol. 109, Issue 3. P. 1031-1038.
7. Kyrychenko O.V., Kots S.Ya., Khrapova A.V., Omelchuk S.V. Biological activity of soybean seed lectin at the spraying of *Glycine max* plants against the background of seed treatment with pesticide containing fiprolin, thiophanate - methyl., pyraclostrobin as active substances and rhizobial bacterization. *Regul. Mech. Bio*. 2022. 13, № 2. P. 12-20.
8. Жуйков О.Г, Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Возняк В.В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116. Частина 1. С.54–63.

9. Бабич А. О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. К. *Аграрна наука*, 1998. 272 с.
10. Johnson L.A., White P.J., Galloway R. Soybeans: Chemistry, Production, Processing and Utilization. Urbana: AOCS Press, 2008. 866 p.
11. Мазур В.А., Гончарук І.В., Дідур І.М., Панцирева Г.В., Телекало Н.В., Купчук І.М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія. Вінниця : Нілан-ЛТД. 2021. 180 с.
12. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Купчук І.М. Соя в інтенсивному землеробстві: монографія. Вінниця: «Нілан-ЛТД», 2022. 220 с.
13. Rebonatti M.D., Santos Cordeiro C.F., Volf M.R., Gomes da Silva P.C., Tiritan C.S. Effects of silage crops between crop seasons on soybean grain yield and soil fertility in tropical sandy soils. *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 143, Article 126685.
14. Simon-Miquel G., Reckling M., Lampurlan'es J., Plaza-Bonilla D. A win-win situation – Increasing protein production and reducing synthetic N fertilizer use by integrating soybean into irrigated Mediterranean cropping systems. *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 146. Article 126817. 12 p.
15. Мовілянчу В.В., Резніченко В.П. Напрямки господарського застосування сої та підвищення її продуктивності. *Збірник наукових праць кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету*. м. Кропивницький. 2017. С. 30-32.
16. Мірзосєва Т.В., Логвин І.М. Інноваційні напрями розвитку виробництва сої. *Науковий вісник НУБІП України. Сер.: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2013. Вип. 181(2). С. 242 – 247.
17. Бербенець О.В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею. *Агросвіт*. 2019. № 10. С. 41–45.
18. Жуйков О. Г., Іванів М. О., Марченко Т. Ю., Возняк В. В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові

тренди та вітчизняні реалії. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Випуск 116. Частина 1. С. 54–63.

19. Пасічник О. І. Виробництво сої та соєвої олії в Україні. Вісник студентського наукового товариства «Ватра»: збірник наукових праць IX Всеукраїнської студентської наук.-практ. конф. 2020. Випуск 94. С. 173–178.

20. Коробко А.А. Соя – стратегічна культура під час війни в Україні. *Сучасна наука: теоретичні та прикладні аспекти: матеріали VII всеукраїнської мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції*, 31 липня 2022 року. Житомир, 2022. С. 58–62.

21. Вимоги та правила сої. *Агробізнес сьогодні*: веб-сайт. URL: <https://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/14309-vymohy-ta-pravy-la-soi.html>.

22. Коробко А.А. Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої. *Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених*, 8 грудня 2022 року. Київ, Україна, 2022. С. 60-61.

23. Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В., Мартинов О.М. Урожай і якість зерна сої під впливом інокуляції та позакореневого підживлення. *Таврійський науковий вісник*. № 111. С.44-48.

24. Петриченко В.Ф. Обґрунтування технологій вирощування кормових культур та енергозбереження в польовому кормовиробництві. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 10. Спецвипуск С. 6–10.

25. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посіб. [В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко, П.В. Іващук, О.В. Корнійчук]. Львів: Укр. технології, 2010. 1088 с.

26. Калініченко В.М. Використання сої у сучасному кормовиробництві. *Вісник державної агроєкологічної академії України. Науково-теоретичний збірник. Спеціальний випуск*. Жовтень 2000 р. Житомир, 2000. С. 23–24].

27. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Соєва потужність. *The Ukrainian farmer*. 2010. Березень. С. 10-13.

28. Коробко А. А. Урожайність та господарська придатність сої за умов зміни клімату. *Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції*. 28 червня 2023 року. м. Кропивницький, Україна. 2023. С. 53-55.

29. Дробітько А.В., Коковіхін С.В. Вплив передпосівної інокуляції насіння на продуктивність сортів сої в умовах Степу України. *Аграрні інновації*. 2020. №1. С. 40-45.

30. Фурман О.В. Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокуляції та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С.200-205.

31. Крутило Д.В. та ін. Симбіоз штамів *Bradyrhizobium japonicum* із соєю за різних ґрунтово-кліматичних. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 3. С. 70–74.

32. Elmore R. W. Soybean cultivar response to silage systems and planting date. *Agron. J.* 1990. V. 82N 1. P. 69–73.

33. Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Колісник С. І. Особливості формування урожаю насіння залежно від способу сівби, густоти рослин і добрив в Лісостепу України. *Міжнародний симпозіум по селекції, насінництву і технологічного вирощування польових культур*. Кам'янець-Подільський, 1995. С. 24–25.

34. Osborne S.L, Riedell W.E. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the Northern Great Plains. *Agron.* 2006. Vol. 98. № 6. P. 1569–1574.

35. Oldroyd G. E. D. Speak, friend, and enter: signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. *Nature Reviews Microbiology*. 2013. 11(4). P. 252–263.

36. Mandold G. Inspect your soybean stands. *Soybean Digest*. 1991. Vol. 51. N 4. P. 21.

37. Патика В. П., Тихонович Г. А., Філіп'єв Г. Д. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. К. Урожай, 1999. 176 с.

38. Вирощування сої з інокулянтами. АгроЕліта. 2024.
<https://agroelita.info/vyroschuvannya-soji-z-inokulyantamy-2/>
39. Михайлов В. Г., Манченко І. Ф. Кореляція вмісту білка в насінні сої за кількісними ознаками та простими індексами. *Корми і кормовиробництво*. 1992. Вип. 33. С. 28–30.
40. Ковалевська Т. М., Надкернична О. В., Вакулик В. П. Роль бульбочкових бактерій в підвищенні продуктивності сої. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 32–33.
41. Salvagiotti F. et al. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*. 2008. 108(1). P. 1–13.
42. Ковалевська Т. М., Надкернична О. В., Вакулик В. П. Роль бульбочкових бактерій в підвищенні продуктивності сої. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 32–33.
43. Олійник В. І., Камінський В. Ф., Рукангантамбара Хамулу. Вплив бактеріальних препаратів на азотфіксацію і насінневу продуктивність посівів сої. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. К. 2000. № 1. С. 60–61
44. Патика В. П., Тихонович Г. А., Філіп'єв Г. Д. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. К. 1999. 176 с.
45. Szczerba A. et al. Effect of different Bradyrhizobium japonicum inoculants on soybean traits. *BMC Plant Biology*. 2024. 24:1201.
46. Sivparsad B., Chiuraise N., Laing M. D. Comparative evaluation of commercial rhizobial inoculants of soybean. *South African Journal of Plant and Soil*. 2016. 33(2). P. 157–160.
47. Thilakarathna M. S., Raizada M. N. A meta-analysis of rhizobia inoculant effectiveness in soybean. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. 105. P. 177–196.

48. Jarecki W. Effect of soybean seed inoculation with symbiotic bacteria // *Legume Research*. 2024. 47(2).
49. Herridge D. F., Peoples M. B., Boddey R. M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*. 2008. 311. P. 1–18.
50. Księżak J., Wojarszczuk J. Вплив мінерального азотного удобрення та інокуляції насіння *Bradyrhizobium japonicum* на продуктивність сої. *Agriculture*. 2022. 12(1). С. 1–15.
51. Sanzovo A. W. S. та ін. Культури в сівозміні та інокуляція підвищують популяцію *Bradyrhizobium* у ґрунті, врожайність сої та рентабельність. *Plant and Soil*. 2023. 475. С. 1–18.
52. Sivparsad B. та ін. Порівняльна оцінка комерційних ризобіальних інокулянтів сої. *South African Journal of Plant and Soil*. 2016. 33(2). С. 157–160.
53. Бабич А. О. Проблема білка і вирощування зернобобових культур. Вид. 3-с. К. 1993, 152 с.
54. Ожередов С. П. Роль сої як попередника в технологіях вирощування зернових культур. *Вчимося господарювати: Матеріали науково-практичного семінару молодих вчених та спеціалістів*. 22-23 листопада 1999. Київ-Чабани. К., 1999. С. 57-58.
55. Шкатула Ю.М., Забарна Т.А., Черешнюк В.В. Динаміка кількості бульбочок залежно від інокуляції насіння сої та позакоренових підживлень. *Таврійський науковий вісник*. 2024. 138. С. 229-235.
56. Vance C. P. Симбіотична фіксація азоту та поглинання фосфору. *Plant Physiology*. 2001. Т. 127. С. 390–397.
57. Тарабріна А.-М. О., Панфілова А. В. Вплив технології вирощування та сортових особливостей на фотосинтетичну діяльність посівів сої в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. №140. С. 285 – 292.
58. Марущак П.Г., Михайлов В.Г., Драч Ю.О. Урожай зерна скоростиглих сортів сої в залежності від строків сівби і норм висіву на

чорноземах опідзолених Південного Лісостепу України. *Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі: матеріали III Всеукр. конф.*, 3 серп. 2000 р. Вінниця, 2000. С. 36–38.

59. Шевніков М. Я., Міленко О. Г., Лотиш І. І. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Т. 3. № 3. С. 15-21.

60. Мазур О.В. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом ґрунту. *Збірник наукових праць ВНАУ «Сільське господарство та лісівництво»*. 2018. Вип.11. С. 45–52.

61. Технології вирощування нового скоростиглого сорту сої. [С.І. Попов, Р.Д. Магомедов, В.О. Матушкін, М.Ф. Бомско]. *Агроном*. 2003. № 2. С. 27.

62. Петриченко В.Ф., Іванюк С.В. Вплив сортових і гідротермічних ресурсів на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу. *ЗНП Інституту землеробства УААН*. 2000. Вип. 3-4. С. 19-24.

63. Бабич А.О., Колісник С.І., Кобак С.Я., Панасюк О.Я., Венедіктов О.М., Балан М.О. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 113-121.

64. Соя. Технологічні аспекти вирощування на насіння /В. Ф. Петриченко, А. О. Бабич, С. І. Колісник [та ін.]. *Насінництво*. 2008. № 6 (66). С. 5-9.

65. Андрієць Д.В. Управління продуктивністю сої за інтенсифікації технології вирощування у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.09. К., 2013. 20 с.

66. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 12–27.

67. Бабич А., Бабич-Побережна А. Соєвий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 52–56.

68. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні в 2024 році. 2024. 324 с

69. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні в 2025 році. 2025. 420 с

70. Гунтянський Р.А. Конкурентоспроможність сортів сої з різною тривалістю вегетаційного періоду у відношенні до бур'янів. *Селекція і насінництво*. 2008. Вип. 95. С. 266–272.

71. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В. Сортіві ресурси сої в Україні. Вінниця. ТОВ «ТВОРИ», 2023. 220 с. (6,31 друк. арк.).

72. Бахмат О. М., Федорук І. В. Формування урожайності зерна сої залежно від заходів адаптивної технології в умовах Лісостепу західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка* / ПДАТУ. Кам'янець-Подільський, 2017. Вип. 26, ч. І. С. 9-16.

73. Бахмат О. М., Федорук І. В. Основи адаптивної сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу Західного. Актуальні питання 185 сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату : зб. наук. пр. *Всеукр. наук.-практ. конф.*, 15-16 черв. 2017 р. Кам'янець-Подільський, 2017. С. 59-62

74. Федорук І. В. Вплив мікроелементів та інокуляції посівного матеріалу в технології вирощування сої. *Агробіологія = Agrobiology* : зб. наук. пр. / БНАУ. Біла Церква : БНАУ, 2020. № 2 (161). С. 178-184.

75. Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в Правобережному Лісостепу України. *Міжнародна науково-практична конференція «Використання інноваційних технологій в агрономії»*, 3-4 червня 2020 р., Вінниця, ВНАУ. С. 1-2.

76. Бабич А.О., Іванюк С.В., Коханюк Н.В. Ідентифікація рослин за вегетативними ознаками в селекції сої. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 3–7.

77. Січкарь В. І., Коруняк О. П. Біохімічний склад насіння деяких сортів сої. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Сільськогосподарські науки*. Полтава, 2005. Т. 4 (23). С. 11–15.

78. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб.* Вінниця, 2010. Вип. 66. С. 91–95.

79. Al-Assily K. A., Mohamed K. A. Soil moisture deficit effect on some soybean genotypes production in Upper Egypt. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 2002. Vol. 10. P. 153–163

80. Genotypic variation for three physiological traits effecting drought tolerance in soybean / Hufstetler E. V., Boerma H. R., Carter T. E., Earl H. J. *Crop Science*. 2007. Vol. 47. P. 25–35.

81. Міхєєв В. Г. Урожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від погодних умов року та різних норм висіву в східній частині Лісостепу України. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл.* 2013. Вип. 14. С. 95–100.

82. Bhatia V. S., Ramesh A. Matching soybean (*Glycine max*) phenology for optimum yield under rainfed production system of central India. *Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply : Abstracts for oral presentations and posters of the World Soybean Research Conference VIII (Beijing, China, August 10–15, 2009)*. Beijing, China : Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009. P. 26.

83. Турак О.Ю., Козло М.Ю. Вплив строків посіву на продуктивність ранніх сортів сої в умовах Івано-Франківської області. *Український журнал природничих наук*. 2024. №7. С.182-189.

84. Іванів М.О., Возняк В.В. Біометричні показники та урожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С.68-76.

85. Стоцька С.В., Коткова Т.М., Клименко Т.В., Панчишин В.З. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С.132-138.

86. Любич В.В., Войтовська В.І. Третьякова С.О. Климович Н.М. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2. С.32-37.

87. Івасик М.В. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С.19-24. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.3>

88. Івасик М.В., Хоміна В.Я. Урожайність зерна сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Випуск 4 (49). С.63-67.

89. Заверюхін В. І., Євтушенко А. І., Лягутко С. І. Вирощування сої при зрошенні. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 31–32.

90. Савченко Г. І., Дерев'янський В. П. Вплив попередників на урожайність та якість зерна сої. *Науково-технічний бюлетень Хмельницького НВО «Еліта»*. Київ, 1995. № 3. С. 74–76.

91. Лихочвор В. В. Рослинництво. Сучасні технології вирощування польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. С. 215–220.

92. Гадзало Я. М., Іванина В. В. Агроекологічні основи вирощування сої. К. Аграрна наука, 2008. С. 95–101

93. Салатенко В. М. Технологія вирощування сої в умовах нестійкого зволоження. К. Урожай, 2001. С. 67–72.

94. Сорока В. Г. Ефективність соєвих сівозмін із короткою ротацією. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 50–51

95. Блашук М. І. Вплив прийомів технології вирощування на продуктивність сої в умовах центрального Лісостепу України. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 30–31.

96. Мойсеєнко В. В., Маліновський А. С. Проблеми вирощування та використання сої в різних екологічних умовах Житомирщини. *Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»*. Вінниця, 2000. С. 40–41.

97. Дерев'янський В. П. Соя. К. УкрІНТЕЙ, 1994. 216 с.

98. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Проблема білка і соєвий пояс України. *Вісник аграрної науки*. 1992. № 3. С. 1–7;

99. Рекомендації з технології вирощування і використання сої / Бабич А. О., Петриченко В. Ф. та ін. Вінниця, 1993. 8 с.

100. Бабич А. О. Соя на корм. – М.: Колос, 1974. – 112 с.; Бабич А. О., Новохацький М. Л. Вплив прийомів технології вирощування на вміст сирого білка в зерні сої. *Корми і кормовиробництво*. 2001. № 47. С. 93–95.

101. Прокопчук В. Ф., Ковшик І. Г. Вплив доз азотних добрив на винесення елементів живлення урожаєм сої. *Науково-технічний бюлетень*. 1991. № 2. С. 11–16].

102. Bhandwaj H. S., Bhagzari A. S. Harvest index, yield and physiological characteristics of soybean as related to seed size. *Soybean Genetics Newsletter*. 1989. Vol. 16. P. 133–136.

103. Weaver D. B., Akridge R. S., Thomas C. A. Growth habit, planting date and row-spacing effects on late-planted soybean. *Crop Science*. 1991. Vol. 31. No. 3. P. 805–810.

104. Дерев'янський В. П., Томич М. В. Вплив мінеральних, бактеріальних добрив при різних способах внесення ризоторфіну на продуктивність сої. *Науково-технічний бюлетень Хмельницького НВО «Еліта»*. Київ, 1994. № 2. С. 42–53.

105. Weaver D. B., Akridge R. S., Thomas C. A. Growth habit, planting date and row-spacing effects on late-planted soybean. *Crop Science*. 2001. Vol. 31. No. 3. P. 805–810.

106. Бабич А. О. Наукові основи сучасних технологій вирощування сої на насіння в умовах Лісостепу України. Збірник наукових праць Вінницького ДАУ. 2000. Вип. 7. С. 10–13.

107. Egli D. B. Plant density and soybean yield. *Crop Science*. 2000. Vol. 28. P. 977–980.

108. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Фотосинтетична продуктивність посівів і урожайність зерна сої. *Корми і кормовиробництво*. 1990. Вип. 31. С. 7–9.

109. Gan Y., Hamel C. O. Управління азотом у системах вирощування сої. *Agronomy Journal*. 2005. Т. 97. С. 1149–1156.

110. Hungria M., Mendes I. C. Біологічна фіксація азоту в системах виробництва сої. *Plant and Soil*. 2015. Т. 392. С. 1–12.

111. Немцов А. В. Сортова чутливість рослин сої на інокуляцію та внесення різних доз мінеральних добрив в умовах центрального Лісостепу України. Вчимося господарювати: Матеріали науково-практичного семінару молодих вчених та спеціалістів. Київ-Чабани: Нора-Прінт, 2001. С. 193–194.

112. Надкернична О. В., Ковалевська Т. М., Козар С. Ф., Горбань В. П. Особливості впливу деяких азотфіксуючих бактерій на розвиток рослин сої. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 47. С. 112–114.

113. Нестерчук Н. Н., Ремесло О. В. Нові елементи технології – джерело поживних речовин. *Матеріали 3-ї Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої»*. Вінниця, 2000. С. 43–44.

114. Михайлов В. Г., Шербина О. З., Романюк Л. С. Реакція сортів сої і селекційних номерів сої на зміну умов вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 47. 2001. С. 27–29.

115. Хунгрія М., Кампо Р. Дж., Мендес І. С. Інокуляція сої як практика підвищення фіксації азоту та врожайності. *Agronomy Journal*. 2006. Т. 98. С. 895–902.
116. Геррідж Д. Ф. та ін. Глобальні надходження біологічної фіксації азоту. *Plant and Soil*. 2008. Т. 311. С. 1–18.
117. Шпунар-Крок Е. та ін. Вплив інокуляції та азотного удобрення на соєві культури. *Agronomy*. 2023. Т. 13, № 5. С. 1341.
118. Бабич А. О., Дробітько А. В., Дробітько О. М. Формування урожайності сої залежно від підбору сортів і технологічних прийомів в умовах південно-західного степу України. Матеріали третьої Всеукраїнської конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі». Вінниця, 2000. С. 9-10.
119. Вожегова, Р. А., Коковіхін, С. В., Заєць, С. О., Нетіс, В. І., Онуфран, Л. І. (2019). Ефективність використання сонячної енергії посівами сої в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*, №71, С.23–27.
120. Глушак А.Г. Урожайність зерна сої залежно від норм висіву в умовах південної частини західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2006. Вип. 14. С. 66-68.
121. Гойсюк Ю.В. Структура врожаю та продуктивність сої сорту Золотиста залежно від традиційної та альтернативної технологій її вирощування. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2009. Вип. 17. С. 37-42.
122. Гуртовий Ю.А. Основи екологічно врівноваженої інтенсифікації технології вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб.* Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 189-194.
123. Бабич А.О., Бахмат О.М. Особливості росту і розвитку сої в умовах західного регіону України. *зб. наук, праць ПДАТА «Аграрна наука селу»*. Кам'янець-Подільський, 1998. № 6. С 8-10.

124. Заверюхін В.І., Левандовський І.Л., Бардадименко О.С. Способи сівби та норми висіву насіння нових сортів сої. *Матеріали респ. координац.-метод. ради з проблем кормових ресурсів і кормовиробництва по темі «Зернофуражні, зернобобові і кормові культури»*. Вінниця, 1997. С. 38. 9.

125. Олійник Ю.А., Шейко І.М. Особливості вирощування органічної сої. «Проблеми використання, збереження та відтворення ґрунтів в умовах сталого розвитку агросфери»: *збірник тез міжнародної наукової конференції «Soils, where food begins», присвяченої всесвітньому дню ґрунтів, 5 грудня 2022 року*. м.Кам'янець-Подільський.2023. С.170-171.

126. Олійник Ю., Іванишин О. Урожайність сої залежно від елементів біологізації. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології в садівництві, овочівництві і виноградарстві»* 22 березня 2024 року. м. Кам'янець-Подільський. С.162-163.

127. Гільберг Т. Загальні відомості про Хмельницьку область. Рідний край – Хмельниччина: посібник. Хмельницький, 2013. С. 5-14.

128. Говорун В., Тимошук О. Річки Хмельниччини: навчальний посібник. Видання друге. Хмельницький: Поліграфіст, 2010. 240 с.

129. Водний фонд Хмельницької області: Довідник. Хмельницький, 2007.86 с.

130. Природа Хмельницької області. Під ред. К.І .Геренчука. Львів: Вища школа.Вид-во при Львів ун-ті, 1980. С.152.

131. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського та ін. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.

132. Алексєєв О.О. Влив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. *Збірник наукових праць ВНАУ «Сільське господарство та лісівництво»*. 2016. Вип. 4. С. 187–196.

133. Мазур В.А., Гончарук І.В., Дідур І.М., Панцирева Г.В., Телекало Н.В., Купчук І.М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 180 с.

134. Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Екологічна оцінка середньостиглих і середньопізнньостиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 5-15.

135. Огурцов Є.М. Міхєєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. 2016. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України; за ред. М.А. Бобро. Харків: ХНАУ, 268 с.

136. Дідора В.Г. Деробон І. Ю., Саврасих Л.Д. Фактори підвищення родючості ґрунту за вивчення елементів технології вирощування сої. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. № 1 (53), т. 1. С. 132–140.

136. Петриченко В. Ф. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 2. С. 19–23.

137. Гавій В.М., Приплавко С.О., Коваленко С.О., Сенченко Г.Г. Ґрунт як джерело живлення рослин : навч. посіб. / В.М. Гавій, С.О. Приплавко, С.О. Коваленко та ін. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя. 2017. 190 с.

138. Ґрунти Хмельницької області. URL : <https://ukrtur.narod.ru/turizm/regionukr/hmel/gruntyhmel/grunthmelobl.htm>.

139. Гаврилюк В. Б., Галищук В. І., Стрілецький О. В. Ґрунти Хмельниччини. Сучасний якісний стан: збереження, відтворення та поліпшення їх родючості. Кам'янець-Подільський, 2010. 164 с.

140. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Міністерство аграрної політики України, Державна служба з охорони прав на сорти рослин (Реєстр є чинним станом на 17.01.2022 року). Київ, 2022. С. 187-197. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/2022-01-17_reestr.pdf.

141. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.

142. Єщенко О.В., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костоґриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Умань : Дія, 2005. 288 с.

143. ДСТУ 4115–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 5 с. (Національний стандарт України).

144. ДСТУ 4729:2007 Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 5 с. (Національний стандарт України).

145. Жатова Г.О. Загальне насіннєзнавство: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2009. 273 с.

146. Ушкаренко В.О., Коковіхін С.В., Вожегова Р.А., Голобородько С.П. Методика польового дослід (зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448с.

147. Volkogon V.V., Nadckernichna O.V., Tokmakova L.M. [Experimental Soil Microbiology: Monograph. for sciences Ed. VV. Volkogon. 2010. K. P. 154–156.

148. Ушкаренко В.О., Коковіхін С.В., Вожегова Р.А., Голобородько С.П. Методика польового дослід (зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448с.

149. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 334 с. : іл.

150. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури); за ред. В. В. Вовкодава. К., 2001. 69 с.

151. ДСТУ:4232 2003. Методи визначання маси 1000 насінин та маси однієї посівної одиниці. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 5 с. (Національний стандарт України).

152. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К. Урожай, 1988. 208 с.

153. Науково-практичний довідник по обґрунтуванню по елементних нормативів трудових, грошово-матеріальних та енергетичних витрат на

виробництво зернових культур / Черенков А. В. та ін. Дніпропетровськ : ДУ Ін-т с.-г. степової зони НААН України, 2014. 180 с.

154. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковішін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

155. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistika 6.0. : методичні вказівки. Київ, 2007. 56 с.

156. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології : навчальний посібник / Царенко О. М. та ін. Суми : Університетська книга, 2000. 203 с.

157. Боровиков В.П., Боровиков І. П. Statistika. Статистичний аналіз і обробка даних в середовищі Windows. Київ, 1997. 608 с.

158. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 120 культур: навч. посіб. 4-е вид. В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко. Львів: НВФ «Українські технології», 2014. 1040 с.

159. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2020. 806с.

160. Коробко А.А. Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої. *Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених*, 8 грудня 2022 року. Київ, Україна, 2022. С. 60-61.

161. Колісник С. І., Венедіктов О. М., Фабіянський Д. О. Особливості формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності ранньостиглих сортів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2009. Вип. 64. С. 55–61.

162. Дробітько О. М. Продуктивність фотосинтезу і урожайність сої залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агроценозі. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2007. Вип. 2 (40). С. 240–245.

163. Jahns P., Holzwarth A.R. The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2012, Vol. 1817. Is. 1. P. 182–193.

164. Фурман О. В. Динаміка формування площі листкової поверхні сої під впливом технологічних факторів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 101–106.

165. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах Західного Лісостепу / В. В. Лихочвор та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 60. С. 88–96.

166. Заболотний Г.М., Циганський В.І., Циганська О.І. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від рівня удобрення та застосування комплексу мікроелементів. - Наукові доповіді НУБІП. 2018. №5. С. 25–34.

167. Дідур І.М. Динаміка формування площі листкової поверхні сої залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. Вип. №1 (24). С. 192–204.

168. Дідур І.М., Циганський В.І. Удосконалення технологічних прийомів вирощування соняшника в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Вип. №4 (23). С. 36–51.

169. Панцирева Г.В., Ковальчук В.М. Дослідження елементів технології вирощування сої на основі мобілізаційних агропідходів за природніх процесів ґрунтового-імобілізаційного характеру. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 107–112.

170. Malhotra R. S., Singh K. B., & Saxena M. C. Effect of Irrigation on Winter-Sown Chickpea in a Mediterranean Environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1997. №178 (4). P. 237–243.

171. Patyka V.P., Omelyanets T.G., Hrynyk I.V., Petrychenko V.F. 2007. Ecology of microorganisms. Kyiv: Osnova. 192 p.

172. Вплив строків сівби на урожайність сортів сої. [М.Г. Цехмейструк, В.О. Шеляків, М.Я. Шевніков, О.С. Литвиненко]. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*: 2018. № 1. С. 10–21.

173. Петриченко В.Ф. Обґрунтування технологій вирощування кормових культур та енергозбереження в польовому кормовиробництві. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 10. Спецвипуск С. 6–10.

174. Івасик М.В., Бахмат М.І. Підвищення продуктивності зерна сої в умовах Поділля. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2022. Випуск 2 (37). С. 51-57.

175. Олійник Ю.А. Вплив способу сівби на продуктивність різних за стиглістю сортів сої при вирощуванні в умовах Лісостепу західного. *«Інноваційні підходи ведення аграрного виробництва в умовах Євrorінтеграції» [електронне видання]: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної онлайн конференції*. Кам'янець-Подільський – Ломжа, 20-21.11. 2025 р. Видавництво: MANS w Łomży. 2025. С.184-186.

176. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Формування продуктивності сортів сої залежно від густоти стояння та просторового розміщення рослин у Західному Лісостепу. *«Інноваційні технології в рослинництві»: зб. матеріалів IX Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, присвяченої 100 річчю з дня народження О.С. Алексеєвої, 23 квітня 2026 року*. м. Кам'янець-Подільський: Видавництво ЗВО «ПДУ». 2026. С.211-212.

177. Гадзало Я. М, Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Якість сортів сої за біологізації елементів технології вирощування на зрошенні Півдня України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 226-234.

178. Дерев'янський В.П. Удосконалена технологія вирощування сої. *Спецвипуск ж. Пропозиція*. 2014 С.4-7.

179. Івасик М. В. Формування біометричних показників та показників якості насіння сортів сої залежно від технологічних факторів. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С.137-140.

180. Любич В. В., Войтовська В. І., Третякова С. О., Климович Н. М. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2, С. 32-37.

181. Мазур В. А., Гончарук І. В., Дідур І. М., Панцирева Г. В., Телекало Н. В., Купчук І. М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур : монографія. Вінниця. 2021. 180 с.

182. Нікітенко О.В, Поляков О.І. Продуктивність сортів сої в беззмінних посівах в залежності від агроприйомів вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 2014. № 20, С.178-182.

183. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. 4-те вид., випр., допов. Львів : НФФ «Українські технології», 2014. 492 с.

184. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Безуглий І. М., Кобизєва Л. Н., Коломацька В. П., Голохоринська М. Г. Закономірності мінливості врожайності та якості насіння сої залежно від впливу гідротермічних чинників навколишнього середовища. *Селекція і насінництво*. 2022. Випуск 121. С.63-75.

185. Ткачук О. П., Алексєєв О. О. Технологічні та агроекологічні показники груп сортів сої за стиглістю. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2022. випуск 2 (48), С.165-172.

186. Флакей В. В. Залежність показників вмісту білка, олії та врожайності сої від біологічних препаратів та систем обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С.208-214.

187. Choi I.-Y., Hyten D. L., Matukumalli L. K. et al. A soybean transcript map: gene distribution, haplotype and SNP analysis. *Genetics*. 2007. Vol. 176, Iss. 1. P. 685-696.

188. Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Формування урожайності та якості зерна сортами сої. *Матеріали Міжнародної наукової конференції:*

«Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення», м. Дніпро, 12–13 жовтня 2023 року, С. 142–143.

189. Прус Л.І. Якість насіння сої залежно від застосування сидеральних добрив, інокуляції та обприскування посівів. *Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур: досягнення і перспективи: матер. наук.-практ. конф. присв. 90-річчю від дня народження видатного вченого селекціонера О.С. Алексеєвої*, 25-26 квіт., 2016 р. Кам'янець-Подільський, 2016. С. 303-305.

190. Федорук І.В. Вплив мікроелементів та інокуляції посівного матеріалу в технології вирощування сої. *Агробіологія*. БНАУ, 2020. №2 (161). С. 178-184.

191. Ткачук О.П., Дідур І.М., Мазур О.В. Адаптивність, стійкість і продуктивність середньоранньостиглих сортів сої. № 16. 2022. *Аграрні інновації*. С.70-79.

192. Флакей В. В. Залежність показників вмісту білка, олії та врожайності сої від біологічних препаратів та систем обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 208–214.

193. Любич В. В., Войтовська В. І., Третьякова С. О, Климович Н. М. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2, С. 32–37.

194. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Безуглий І. М., Кобизєва Л. Н., Коломацька В. П., Голохоринська М. Г. Закономірності мінливості врожайності та якості насіння сої залежно від впливу гідротермічних чинників навколишнього середовища. *Селекція і насінництво*. 2022. Випуск 121. С. 63–75.

195. Нікітенко О. В, Поляков О. І. Продуктивність сортів сої в беззмінних посівах в залежності від агроприйомів вирощування. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, 2014. № 20, С. 178–182.

196. Гадзало Я. М, Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Якість сортів сої за біологізації елементів технології вирощування на зрошенні Півдня України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 226–234.

196. Івасик М. В. Формування біометричних показників та показників якості насіння сортів сої залежно від технологічних факторів. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 137–140.

197. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Урожайність різностиглих сортів сої залежно від способів сівби та норм висіву насіння в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 146. Частина 2. С.91-96.

198. Олійник Ю.А., Хоміна В.Я. Показники якості зерна різностиглих сортів сої залежно від технологічних факторів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 147. Частина 2. С.93-98.

199. Олійник Ю.А., Хоміна В.Я. Особливості технології вирощування сої за в умовах Лісостепу Західного. *«Інноваційні технології в рослинництві»: зб. матеріалів XIII Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, 25 квітня 2025 року. м. Кам'янець-Подільський: Видавництво ЗВО «ПДУ». 2025. С.109-110.*

200. Коробко А.А. Перспективні напрямки використання сої. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, 30 вересня 2022 року. Полтава, 2022. С. 90-92.*

201. Хоміна В.Я., Олійник Ю.А. Урожайність та економічна ефективність вирощування сої за різних способів сівби та норм висіву насіння в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2026. Випуск 1 (50). С. 207-211.

ДОДАТКИ

Метеорологічні умови за 2023 рік

(за даними спостережень Хмельницького обласного центру з
гідрометеорології)

Місяць	Показники					
	Середня температура повітря, °С	Середньо-багаторічна температура повітря, °С	Відхилення від норми	Опадів всього, мм	Середньо-багаторічні опади, мм	Відхилення від норми, мм
Січень	0,8	-4,9	5,7	16,5	26	-9,5
Лютий	-0,7	-3,6	2,9	42,6	27	15,6
Березень	4,2	0,9	3,3	40,2	28	12,2
Квітень	7,5	8,5	-1,0	77,8	46	31,8
Травень	14,7	14,3	0,4	12,1	66	-53,9
Червень	17,9	17,6	0,3	53,4	84	-30,6
Липень	19,9	18,8	1,1	70,6	85	-14,4
Серпень	21,7	18,4	3,3	77,8	69	8,8
Вересень	17,8	14,1	3,7	29,1	50	-20,9
Жовтень	11,3	8,6	2,7	43,8	40	3,8
Листопад	3,3	2,7	0,6	78,8	38	40,8
Грудень	0,3	-1,8	2,1	36	32	0,4

Метеорологічні умови за 2024 рік

*(за даними спостережень Хмельницького обласного центру з
гідрометеорології)*

Місяць	Показники					
	Середня температура повітря, °С	Середньо-багаторічна температура повітря, °С	Відхилення від норми	Опадів всього, мм	Середньо-багаторічні опади, мм	Відхилення від норми, мм
Січень	-1,1	-4,9	3,8	9,3	26	-16,7
Лютий	5,9	-3,6	9,5	40	27	13
Березень	6,2	0,9	5,3	24,9	28	-3,1
Квітень	12,6	8,5	4,1	52,5	46	6,5
Травень	16	14,3	1,7	15	66	-51
Червень	21,1	17,6	3,5	32,4	84	-51,6
Липень	23,2	18,8	4,4	75,4	85	-9,6
Серпень	23,2	18,4	4,8	12	69	-57
Вересень	18,9	14,1	4,8	67,8	50	17,8
Жовтень	9,6	8,6	1,0	11,6	40	-28,4
Листопад	2,6	2,7	0,1	11,2	38	-26,8
Грудень	1,2	-1,8	3,0	38,3	32	6,3

Метеорологічні умови за 2025 рік

*(за даними спостережень Хмельницького обласного центру з
гідрометеорології)*

Місяць	Показники					
	Середня температура повітря, °С	Середньо-багаторічна температура повітря, °С	Відхилення від норми	Опадів всього, мм	Середньо-багаторічні опади, мм	Відхилення від норми, мм
Січень	2,1	-4,9	7	40	26	14
Лютий	-3,8	-3,6	0,2	20	27	-7
Березень	6,7	0,9	7,6	25	28	3
Квітень	10,2	8,5	1,7	40	46	-6
Травень	10,5	14,3	-3,8	130	66	64
Червень	19,2	17,6	1,6	40	84	-44
Липень	22,1	18,8	3,3	200	85	115
Серпень	19,7	18,4	1,3	30	69	-39
Вересень	16,3	14,1	2,2	30	50	-20
Жовтень	8,7	8,6	0,1	45	40	5
Листопад	6,4	2,7	3,7	45	38	7
Грудень	1,2	-1,8	3,0	48	32	16

**Результати дисперсійного аналізу урожайних даних сої трифакторного дослідю,
2023 рік**

Фактори			Повторення, X, т			Середнє
A	B	C	I	II	III	
1	1	1	2,31	2,35	2,33	2,33
1	1	2	2,88	2,83	2,81	2,84
1	1	3	3,15	3,11	3,10	3,12
1	1	4	3,18	3,24	3,33	3,25
1	2	1	2,85	2,88	2,79	2,84
1	2	2	3,00	3,07	3,11	3,06
1	2	3	3,22	3,31	3,10	3,21
1	2	4	3,43	3,47	3,48	3,46
2	1	1	2,63	2,59	2,61	2,61
2	1	2	3,00	3,04	2,96	3,00
2	1	3	3,34	3,37	3,34	3,35
2	1	4	3,65	3,62	3,56	3,61
2	2	1	3,62	3,65	3,62	3,63
2	2	2	4,12	4,05	4,10	4,09
2	2	3	4,31	4,27	4,29	4,29
2	2	4	3,94	4,02	4,07	4,01
3	1	1	3,91	3,88	3,97	3,92
3	1	2	4,12	4,17	4,19	4,16
3	1	3	3,94	3,97	3,97	3,96
3	1	4	3,62	3,68	3,71	3,67
3	2	1	4,21	4,26	4,28	4,25
3	2	2	4,42	4,46	4,47	4,45
3	2	3	4,25	4,30	4,32	4,29
3	2	4	3,95	4,02	3,97	3,98

Середнє по фактору А

1	3,01
2	3,57
3	4,15

Середнє по фактору В

1	3,32
2	3,84

Середнє по фактору С

1	3,26
2	3,60
3	3,70
4	3,75

Продовження додатку В

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф
Загальна	27,95	71	-	-
Повторень	0,09	2	-	-
Фактору А	15,51	2	7,75	271,10
Фактору В	4,90	1	4,90	171,48
Фактору С	2,61	3	0,87	30,42
Взаємодії АВ	1,15	2	0,58	20,11
Взаємодії АС	1,49	6	0,25	8,68
Взаємодії ВС	0,07	3	0,02	0,85
Взаємодії АВС	0,82	6	0,14	4,77
Помилка Cz	1,32	46	0,03	-

Таблиця впливу та НІР

Фактор	Сила впливу	Нір
Фактору А	0,45	0,10
Фактору В	0,28	0,08
Фактору С	0,09	0,11
Взаємодії АВ	0,04	0,14
Взаємодії АС	0,05	0,20
Взаємодії ВС	0,01	0,16
Взаємодії АВС	0,03	0,28
Помилка Cz	0,03	

Точність дослідів = 2,73% Варіація даних = 17,53%

**Результати дисперсійного аналізу урожайних даних сої трифакторного дослідю,
2024 рік**

Фактори			Повторення, X, т			Середнє
A	B	C	I	II	III	
1	1	1	1,99	2,02	2,08	2,03
1	1	2	2,55	2,58	2,58	2,57
1	1	3	2,78	2,83	2,85	2,82
1	1	4	2,98	3,04	3,07	3,03
1	2	1	2,22	2,25	2,28	2,25
1	2	2	2,73	2,76	2,76	2,75
1	2	3	2,95	2,99	3,03	2,99
1	2	4	3,33	3,35	3,37	3,35
2	1	1	2,43	2,47	2,48	2,46
2	1	2	2,78	2,82	2,83	2,81
2	1	3	3,18	3,22	3,20	3,20
2	1	4	3,41	3,38	3,41	3,40
2	2	1	3,37	3,41	3,39	3,39
2	2	2	3,97	3,93	3,86	3,92
2	2	3	4,12	4,14	4,16	4,14
2	2	4	3,65	3,68	3,71	3,68
3	1	1	3,68	3,72	3,73	3,71
3	1	2	3,99	4,04	4,06	4,03
3	1	3	3,81	3,85	3,86	3,84
3	1	4	3,53	3,57	3,61	3,57
3	2	1	4,08	4,12	4,13	4,11
3	2	2	4,31	4,35	4,36	4,34
3	2	3	4,10	4,14	4,15	4,13
3	2	4	3,77	3,81	3,85	3,81

Середнє по фактору А

1	2,72
2	3,38
3	3,94

Середнє по фактору В

1	3,12
2	3,57

Середнє по фактору С

1	2,99
2	3,40
3	3,52
4	3,47

Продовження додатку В1

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф
Загальна	29,63	71	-	-
Повторень	0,03	2	-	-
Фактору А	17,85	2	8,93	7818,23
Фактору В	3,63	1	3,63	2264,72
Фактору С	3,16	3	1,05	1321,31
Взаємодії АВ	1,23	2	0,61	1100,92
Взаємодії АС	3,07	6	0,51	130,99
Взаємодії ВС	0,18	3	0,06	165,71
Взаємодії АВС	0,46	6	0,08	-
Помилка Cz	0,02	46	0,00	-

Таблиця впливу та НІР

Фактор	Сила впливу	Нір
Фактору А	0,50	0,10
Фактору В	0,21	0,10
Фактору С	0,11	0,10
Взаємодії АВ	0,04	0,14
Взаємодії АС	0,10	0,20
Взаємодії ВС	0,01	0,30
Взаємодії АВС	0,02	0,40
Помилка Cz	0,01	

Точність дослідів = 2,43% Варіація даних = 12,33%

**Результати дисперсійного аналізу урожайних даних сої трифакторного дослідю,
2025 рік**

Фактори			Повторення, X, т			Середнє
A	B	C	I	II	III	
1	1	1	2,26	2,29	2,26	2,27
1	1	2	2,72	2,75	2,78	2,75
1	1	3	3,03	3,07	3,08	3,06
1	1	4	3,07	3,12	3,14	3,11
1	2	1	2,61	2,66	2,68	2,65
1	2	2	2,89	2,92	2,95	2,92
1	2	3	3,07	3,11	3,12	3,10
1	2	4	3,37	3,43	3,46	3,42
2	1	1	2,51	2,56	2,58	2,55
2	1	2	2,87	2,92	2,97	2,92
2	1	3	3,27	3,33	3,36	3,32
2	1	4	3,47	3,51	3,58	3,52
2	2	1	3,51	3,54	3,57	3,54
2	2	2	3,97	4,03	4,06	4,02
2	2	3	4,22	4,18	4,29	4,23
2	2	4	3,91	3,99	3,95	3,95
3	1	1	3,77	3,81	3,82	3,80
3	1	2	4,12	4,16	4,05	4,11
3	1	3	3,89	3,92	3,98	3,93
3	1	4	3,57	3,62	3,67	3,62
3	2	1	4,15	4,19	4,20	4,18
3	2	2	4,37	4,42	4,44	4,41
3	2	3	4,17	4,21	4,25	4,21
3	2	4	3,87	3,92	3,94	3,91

Середнє по фактору А

1	2,91
2	3,51
3	4,02

Середнє по фактору В

1	3,25
2	3,71

Середнє по фактору С

1	3,17
2	3,52
3	3,64
4	3,59

Продовження додатку В2

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф
Загальна	25,69	71	-	-
Повторень	0,05	2	-	-
Фактору А	14,84	2	7,42	6713,79
Фактору В	3,89	1	3,89	1436,90
Фактору С	2,50	3	0,83	1215,67
Взаємодії АВ	1,41	2	0,70	709,31
Взаємодії АС	2,47	6	0,41	91,17
Взаємодії ВС	0,16	3	0,05	99,60
Взаємодії АВС	0,35	6	0,06	-
Помилка Cz	0,03	46	0,00	-

Таблиця впливу та НІР

Фактор	Сила впливу	Нір
Фактору А	0,48	0,10
Фактору В	0,25	0,10
Фактору С	0,10	0,20
Взаємодії АВ	0,05	0,20
Взаємодії АС	0,09	0,30
Взаємодії ВС	0,01	0,20
Взаємодії АВС	0,01	0,40
Помилка Cz	0,01	

Точність дослідів = 2,43% Варіація даних = 12,33%



АКТ
впровадження результатів наукових досліджень у виробництво
0125U004178
 (номер держреєстрації, назва теми)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ
ВИРОЩУВАННІ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

яка виконана в період з 1.04. 2025 р. по 10.12. 2025 р.

Удосконалено технологію вирощування сої, зокрема, проведено порівняльну оцінку різностиглих сортів: Моцарт, Сяйво, Сенсор, з метою встановлення найбільш продуктивних в умовах вирощування. Встановлено більш ефективний спосіб сівби та оптимальну норму висіву у розрізі сортів. В умовах виробничої перевірки підтверджено, що для усіх досліджуваних сортів кращим способом сівби виявився за типом twin row, максимальну урожайність забезпечили норми висіву для сортів: Моцарт та Сяйво – 700 тис. шт/га, а Сенсор – 500 тис. шт/га, з показниками відповідно: 3,0; 4,12 та 4,18 т/га. Площа впровадження – 22,5 га

(назва результату, що впроваджується)

Керівники теми:

ХОМІНА Вероніка Ярославівна, ОЛІЙНИК Юрій Анатолійович
 (ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

Комісія в складі:

голова комісії: ОВЧАРУК Олег Васильович
 (ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії: ХМЕЛЯНЧИШИН Юрій Володимирович
 (ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)
НЕБАБА Катерина Станіславівна
 (ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ТОВ «АГРО СЕРВІС ГРУП - 2017»

«10» 12 2025 р.

Голова комісії: Олег ОВЧАРУК
 (ім'я, прізвище)

Члени комісії: Юрій ХМЕЛЯНЧИШИН
 (ім'я, прізвище)

Катерина НЕБАБА
 (ім'я, прізвище)

Підписи засвідчую:

Учений секретар проф. О. Коберника

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова

ФГ «АСВ Довжок - 05»



Юрій АНТОНЮК

(ім'я, прізвище)

«15» грудня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0125U004178

(номер держреєстрації, назва теми)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

яка виконана в період з 1.04. 2025 р. до 15.12. 2025 р.

Оптимізовано комплекс технологічних заходів при вирощуванні сої, зокрема, проведено порівняльну оцінку різностиглих сортів: Моцарт, Сяйво, Сенсор, з метою підбору найбільш адаптованого для умов вирощування. Встановлено більш ефективний спосіб сівби та норму висіву насіння. В результаті виконаних виробничих досліджень підтверджено, що для усіх досліджуваних сортів кращим способом сівби виявився за типом twin row та норма висіву насіння для сортів: Моцарт та Сяйво – 700 тис. шт/га, а Сенсор – 500 тис. шт/га, з показниками відповідно: 2,7; 4,02 та 4,11 т/га.

Площа дослідів – 25,5 га.

(назва результату, що впроваджується)

Керівники теми:

ХОМІНА Вероніка Ярославівна, ОЛІЙНИК Юрій Анатолійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

Комісія в складі:

голова комісії:

ОВЧАРУК Олег Васильович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії:

ХМЕЛЯНЧИШИН Юрій Володимирович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

НЕБАБА Катерина Станіславівна

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ФГ «АСВ Довжок - 05»

«15» 12 2025 р.

Голова комісії:

Олег ОВЧАРУК

(ім'я, прізвище)

Члени комісії:

Юрій ХМЕЛЯНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

Катерина НЕБАБА

(ім'я, прізвище)

Підписи засвідчують:

Учений секретар О. Коберник



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ФГ «АСТРА ПЛЮС»



Валентин ЗВАРИЧУК

(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«20» листопада 2025 р.

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у виробництво

0125U004178

(номер держреєстрації, назва теми)

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

яка виконана в період з 10. 04. 2025 р. по 20.11. 2025 р.

Оптимізовано комплекс технологічних та біологічних заходів при вирощуванні сої. На площі 15 га висіяно сорт сої: Моцарт, Сяйво, Сенсор, з метою підбору найбільш адаптованого для умов вирощування. Дослідженнями встановлено ефективність сівби сої за типом twin row та обґрунтовано норми висіву у розрізі сортів: Моцарт (700 тис. шт/га) з урожайністю 2,6 т/га; Сяйво (700 тис. шт/га) з урожайністю 4,06 т/га та Сенсор (500 тис. шт/га) з урожайністю 4,12 т/га.

(назва результату, що впроваджується)

Керівники теми:

ХОМІНА Вероніка Ярославівна, ОЛІЙНИК Юрій Анатолійович

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

Комісія в складі:

голова комісії:

ХМЕЛЯНЧИШИН Юрій Володимирович

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

члени комісії:

ВІЛЬЧИНСЬКА Людмила Аліковна

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

НЕБАБА Катерина Станіславівна

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

встановила впровадження у виробництво результатів наукових досліджень та місце їх використання: ФГ «АСТРА ПЛЮС»

«20» 11 2025 р.

Голова комісії:

Юрій ХМЕЛЯНЧИШИН

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Члени комісії:

Людмила ВІЛЬЧИНСЬКА

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Катерина НЕБАБА

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Підписи засвідчую:

Чекуней



секретар

доф.

О. Коберник