НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

ЮРЧЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 635.655: 631.5:581.14

ДИСЕРТАЦІЯ

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник:

Корнійчук Олександр Васильович,
доктор сільськогосподарських наук,
член-кореспондент НААН

Вінниця – 2025

АНОТАЦІЯ

Юрченко Ю.О. Формування продуктивності сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця, 2025.

Сою називають культурою двадцять першого століття. У світовому землеробстві соя – першорядна культура і за площами посіву займає четверте місце, поступаючись лише пшениці, рису і кукурудзі. За останні десятиріччя відмічено найвищі темпи приросту виробництва цієї культури.

Основними причинами інтересу до цієї культури у світі стали: зміна у структурі харчування населення розвинених країн, збільшення чисельності населення на планеті та розвиток галузі тваринництва. А це в свою чергу призвело до зростання глобального попиту на сою та переорієнтацію багатьох країн на її вирощування, серед яких Україна.

Збільшення виробництва насіння сої пов'язане не тільки з розширенням посівних площ, а й з підвищенням її продуктивності. Для підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості насіння сої велике значення мають усі елементи технології її вирощування. Тому актуальним є розробка та впровадження технологій вирощування сої, а саме вибір раціональної оптико-біологічної структури посіву, яка забезпечить підвищення фотосинтетичної, симбіотичної продуктивності, урожайності та якості насіння сої.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень з вивчення впливу способів сівби на формування різних сортів сої продуктивності в умовах Лісостепу правобережного. Виявлено особливості росту та розвитку рослин, формування та функціонування фотосинтетичного та симбіотичного апаратів рослин сої від впливу факторів, що поставлені на вивчення. Проведено оцінку індивідуальної продуктивності рослин, урожайності та якості насіння

сої. Проведено економічну оцінку технологій вирощування сої на основі способів сівби.

За темою роботи безпосередньо проведено аналіз світової та вітчизняної наукової літератури.

Дослідження проводили протягом 2022-2024 рр. в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН, що знаходиться у Вінницькому районі і відноситься до підзони Лісостепу правобережного Лісостепової зони України. Гідротермічні умови у роки проведення досілджень характеризувались високою строкатістю і відмінністю від середніх багаторічних показників. Періоди з надмірною кількістю опадів змінювались грунтовою та повітряною посухами, що суттєво впливало на ріст, розвиток та формування продуктивності різних сортів сої.

Встановлена відсутність впливу способів сівби з різною шириною міжряддя на тривалість вегетаційного періоду сортів сої. Виявлено, що як і тривалість окремих міжфазних періодів росту та рослвитку сортів сої, так і тривалість вегетаційного періоду в значній мірі залежали від гідротермічних умов року та від групи стиглості сорту.

Відмічено, широкорядний спосіб сівби з міжряддями 45 см значно впливав на висоту рослин сої та збільшував її на 2,4-11,3 % порівняно з іншими способами сівби. Рослини в широкорядних посівах розміщені в рядках щільно, тому між ними збільшується конкуренція за основні фактори життя та відбувається взаємне затінення, внаслідок цього стається витягування міжвузль стебла рослин культури.

Виявлена залежність характеру формування плодоелементів від просторового розміщення рослин на площі, яка обумовлена способом сівби. Найбільш сприятливі умови для утворення квіток та формування бобів складались на варіантах, де сівбу сої сортів Титан та Кобуко проводили з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада – 30 см. На цих варіантах досліду зафіксовано також найнижчий рівень абортивності квіток та бобів у сортів Титан – 40,9 і 22,0 %, Паллада –46,4 і 26,4 %, Кобуко – 37,7 та 25,9 %, що

менше на 0,9-4,1 % та 0,2-6,3 %, ніж на інших варіантах.

Встановлено, що на анатомо-морфологічні показники безпосередній вплив мали фактори, які досліджувались. Найкращі умови для росту рослин сої відмічено на варіантах досліду, де сівбу проводили із шириною міжрядь 15 см. Довжина міжвузлів зменшувалась на 22,4-30,8 %, а діаметр стебла збільшувався на 9,5-25,6 %. Слід відмітити, що сорт Паллада характеризувався більшою висотою рослин мав подовжені міжвузля, тому був схильний до вилягання. Проте його сівба рядковим способом з міжряддями 15 см завадила виляганню рослин сої.

Формування надземної маси і збільшення площі листкової поверхні рослин сої спостерігалося протягом вегетаційного періоду до фази наливання насіння. У цю фазу найбільша площа листкового апарату сортів Титан (49,9 тис. м²/га) та Кобуко (48,3 тис. м²/га) сформувалась на варіантах, де сівбу проводили з шириною міжрядь 15 см, а у сорту Паллада (49,1 тис. м²/га) на варіантах із шириною міжрядь 30 см. Також з'ясовано, що із збільшенням ширини міжрядь до 45 см у сортів відбувалося зменшення величини площі листкової поверхні на 7,5-9,8 %.

Формування фотосинтетичного потенціалу сортів сої в значній мірі залежало від факторів, що вивчались. Сівба сої з міжряддям 15 см збільшувала показник фотосинтетичного потенціалу сортів Титан до 4,250 млн. $м^2$•днів/га та Кобуко – до 4,125 млн $м^2$•днів/га, а сорту Паллада до 4,166 млн. $м^2$•днів/га, проте на варіантах з міжряддям 30 см, що більше порівняно з рядковим способом сівби з міжряддям 15 см або 30 см на 3,0–5,9 %, а з широкорядним способом сівби з міжряддям 45 см - на 9,8–12,8 %.

Сівба сої сортів Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см сприяє більш активному порівняно із широкорядним способом накопиченню хлорофілів a та b, і їх суми. На цих варіантах досліду значення цих показників підвищилося, відповідно, на 4,1–13,2 %, 1,6–8,0 % та 3,5–10,9 %.

Виявлено, що динаміка чистої продуктивності фотосинтезу протягом вегетаційного періоду сої мала синусоїдний характер. Від фази сходів до початку цвітіння вона зростала та набувала абсолютного максимуму. Показник чистої продуктивності фотосинтезу у сорту Титан становив (5,00 г/м^2 за добу) та Кобуко (4,63 г/м^2 за добу) за ширини міжрядь 15 см, у сорту Паллада (4,68 г/м^2 за добу) зи ширини міжрядь 30 см, що більше, відповідно, на 0,39-1,35 г/м^2 за добу, 0,79-1,22 г/м^2 за добу та 0,35-0,88 г/м^2 за добу, порівняно із іншими способами сівби.

Формування найбільшого показника нагромадження сухої речовини сортів, що досліджувались (6,25-6,40 т/га) у фазу повної стиглості зумовила сівба сої рядковим способом з міжряддями 15 см, приріст становив 3,3-9,6 %.

Кращі умови для поглинання та ефективного використання сонячної енергії посівами сої сортів Титан та Кобуко складались за сівби з шириною міжрядь 15 см, сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см. Коефіцієнт фотосинтетично-активної радіації набував найбільших значень 1,53-1,56 % та перевищував інші способи сівби на 0,03-0,13 %.

Симбіотична діяльність рослин сої залежала від сортових особливостей, способів сівби та погодніх умов. Кількість та маса бульбочкових бактерій на коренях сої збільшувалась до фази кінець цвітіння, після чого інтенсивність наростання різко знижувалась та відбувалась їх руйнація. Сівба сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см створював кращі умови для формування симбіотичного апарату. На цих варіантах формувались найкращі показники симбіотичного апарату у сорту Титан: кількість активних бульбочок становила 72,1 шт./рослину та їх маса –1,08 г/рослину; у сорту Паллада, відповідно, 68,6 шт./рослину та 0,97 г/рослину; у сорту Кобуко, відповідно, 68,3 шт./рослину та 0,91 г/рослину, що більше на 6,4-28,1 %, 13,6-36,0 % та 3,2-14,8 %, ніж на інших варіантах. На цих варіантах спостерігались також найбільші значення загального та активного симбіотичних потенціалів, відповідно, 30,22 та 27,37 тис. кг•днів/га, 29,77 та 26,54 тис. кг•днів/га, 27,28 та 24,08 тис. кг•днів/га.

Рядковий спосіб сівби з шириною міжрядь 15 см або 30 см також забезпечив оптимальні умови для формування найбільшого показника біологічно фіксованого азоту у сортів сої 95,58-108,30 кг.

Результати досліджень свідчать про високу пластичність сортів сої до зміни величини площі живлення. Тобто, існує певний інтервал густот, в межах яких зміна площі живлення сприяє збільшенню продуктивності рослин культури. Найвищі показники продуктивності рослин сорту Титан формувались за площі живлення від 134 до 168 $см^2$, сорту Паллада – від 148 до 186 $см^2$ та Кобуко – від 167 до 202 $см^2$, що відповідає густоті від 734 до 585 тис./га, від 674 до 538 тис./га та від 598 до 495 тис./га і обумовлює найвищу урожайність насіння з одиниці площі. Наступне збільшення або зменшення густоти рослин призводило до зменшення рівня індивідуальної продуктивності рослин сої. Формування посівів з оптимальною густотою рослин на одиниці площі є одним із визначальних чинників при формуванні рівня урожайності насіння сої.

Відмічено, що сівба сої сортів Титан та Кобуко рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см, сприяла формуванню найбільших показників індивідуальної продуктивності рослин. Найбільша кількість бобів (38,4 шт), насінин на одній рослині (84,1 шт), їх маса (15,4 г) та маса 1000 насінин (176,6 г) формувались на ділянках сорту Титан, що більше, відповідно, на 5,2 та 8,2 шт., 8,3 та 17,8 шт., 2,6 та 4,5 г, 9,7 та 14,6 г порівняно з способами сівби з шириною міжрядь 30 см та 45 см. У сорту Паллада та Кобуко спостерігались аналогічна залежність, проте показники індивідуальної продуктивності рослин були дещо нижчими. Відмічено також, що у міру збільшення ширини міжрядь висота прикріплення нижніх бобів сортів сої збільшувалася на 1,6-4,2 см, а зона плодоношення зменшувалася на 0,6-4,7 %.

Кожен сорт потребує відповідного просторового розміщення рослин на площі, що обумовлюється способом сівби. Слід відмітити, що в світі і в Україні намітилась чітка тенденція до звуження міжрядь при вирощуванні сої. Виявлено, що зменшення ширини міжрядь від 45 до 15 см призводило до

збільшення урожайності сої на 4,2-12,6 %. Максимальна урожайність формувалась у сорту Титан (3,34 т/га) та дещо менша у сорту Кобуко (3,06 т/га) за сівби з шириною міжрядь 15 см, що більше, відповідно, на 7,4-11,9 % та 6,3-12,6 % порівняно з варіантами досліду, де сівбу проводили з шириною міжрядь 30 см та 45 см. Найбільша урожайність у сорту Паллада (3,14 т/га) формувалася за ширини міжрядь 30 см, що більше на 4,0-11,4 % порівняно з іншими способами сівби, що досліджувались.

Максимальний вміст сирого протеїну в насінні сої сортів Титан (40,0 %) та Кобуко (40,9 %) отримано на варіантах сівби з шириною міжрядь 15 см. У сорту Паллада максимальний вміст сирого протеїну (41,5 %) відмічено за сівби з міжряддями 30 см. На аналогічних варіантах отримано найбільший вміст жиру в насіння сої сортів Титан (20,8 %), Кобуко (20,4 %), Паллада (20,1 %), що більше на 0,7-1,8 % порівняно з іншими варіантами. При зменшенні ширини міжряддя зростав збір білка та жиру з одиниці площі. За рядкового способу сівби з міжряддям 15 см у сортів Титан та Кобуко отримали найбільшу прибавку збору сирого протеїну та жиру, відповідно, 0,17 т/га, 0,19 т/га та 0,13 т/га, 0,12 т/га проти широкорядного способу сівби. Найвищим збір протеїну та жиру у сорту Паллада був за сівби з шириною міжрядь 30 см, він зростав на 0,19 т/га та 0,08 т/га порівняно з широкорядним способом сівби.

Економічна оцінка технології вирощування сої сортів Титан та Кобуко показала, що максимальний умовно чистий прибуток, відповідно, 24,49 тис. грн./га та 22,08 тис. грн./га та найвищий рівень рентабельності, відповідно, 129 % та 118 % забезпечила сівбу сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада, відповідно, 21,11 тис. грн./га та 113 % – сівба з шириною міжрядь 30 см.

Ключові слова: *соя, сорт, спосіб сівби, гідротермічні умови, фотосинтетична продуктивність, симбіотична діяльність, урожайність, якість насіння.*

ANNOTATION

Yurchenko Yu.O. The formation of soybean productivity depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a degree of the doctor of philosophy on a specialty 201 – Agronomy (20 – Agrarian sciences and food). Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya NAAS. Vinnytsia, 2025.

Soy is called the culture of the twenty-first century. In world agriculture, soy is a primary crop and ranks fourth in terms of cultivated area, second only to wheat, rice and corn. Over the past decades, the highest rates of growth in the production of this crop have been noted.

The main reasons for the interest in this culture in the world were: a change in the nutrition structure of the population of developed countries, an increase in the population on the planet and the development of the livestock industry. And this, in turn, led to an increase in global demand for soybeans and a reorientation of many countries to its cultivation, including Ukraine.

The increase in the production of soybean seeds is connected not only with the expansion of sown areas, but also with the increase of its productivity. To increase production efficiency and improve the quality of soybean seeds, all elements of its cultivation technology are of great importance.

Therefore, the development and implementation of soybean cultivation technologies, namely the choice of a rational optical-biological structure of sowing, which will ensure an increase in photosynthetic, symbiotic productivity, productivity and quality of soybean seeds, is relevant.

The dissertation presents the results of studies on the influence of sowing methods on the formation of productivity of various soybean varieties in the conditions of the right-bank forest-steppe. Features of plant growth and development, formation and functioning of the photosynthetic and symbiotic apparatuses of soybean plants due to the influence of the factors under study were revealed. The assessment of individual plant productivity, productivity and quality of soybean seeds

was carried out. An economic evaluation of soybean cultivation technologies based on sowing methods was carried out.

Based on the topic of the work, the analysis of world and domestic scientific literature was directly carried out.

The research was conducted during 2022-2024 at the Podillia Institute of Forage and Agriculture of the National Academy of Sciences, which is located in the Vinnytsia district and belongs to the Forest-Steppe subzone of the right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine. Hydrothermal conditions during the years of the research were characterized by high variability and differences from the average long-term indicators. Periods with an excessive amount of precipitation were replaced by soil and air droughts, which significantly affected the growth, development and productivity of various soybean varieties.

The lack of influence of sowing methods with different row widths on the duration of the growing season of soybean varieties was established. It was found that both the duration of separate interphase periods of growth and development of soybean varieties, as well as the duration of the growing season depended to a large extent on the hydrothermal conditions of the year and on the maturity group of the variety.

It was noted that the wide-row method of sowing with rows of 45 cm significantly influenced the height of soybean plants and increased it by 2.4-11.3 % compared to other methods of sowing.

Plants in wide-row crops are placed in rows densely, so the competition between them for the main factors of life increases and mutual shading occurs, as a result of which the internodes of the stems of culture plants are pulled out.

The dependence of the nature of the formation of fruit elements on the spatial placement of plants on the area, which is determined by the method of sowing, was revealed. The most favorable conditions for the formation of flowers and the formation of beans were in the variants where sowing of soybean varieties Titan and Kobuko was carried out with a row width of 15 cm and the Pallada variety – 30 cm. In these versions of the experiment, the lowest level of abortiveness of flowers and beans was also recorded in Titan varieties – 40.9 and 22.0 %, Pallada – 46.4 and

26.4 %, Kobuko – 37.7 and 25.9 %, which is 0.9–4.1 % and 0.2–6.3 % less than in other variants.

It was established that the studied factors had a direct influence on anatomical and morphological indicators. The best conditions for the growth of soybean plants were noted in the experimental variants, where sowing was carried out with a row width of 15 cm. The length of the internodes decreased by 22.4–30.8 %, and the stem diameter increased by 9.5–25.6 %. It should be noted that the Pallada variety was characterized by a higher plant height and elongated internodes, so it was prone to lodging. However, its sowing in a row method with 15 cm between rows prevented the emergence of soybean plants.

The formation of the above-ground mass and the increase in the leaf surface area of soybean plants was observed during the growing season before the seeding phase. In this phase, the largest area of the leaf apparatus of the Titan (49.9 thousand m²/ha) and Kobuko (48.3 thousand m²/ha) varieties was formed on the variants, where sowing was carried out with a row width of 15 cm, and in the Pallada variety (49.1 thousand m²/ha) on variants with a row width of 30 cm. It was also found that with an increase in the row width to 45 cm, the leaf surface area decreased by 7.5–9.8 %.

The formation of the photosynthetic potential of soybean varieties largely depended on the studied factors. Sowing soybeans with a row spacing of 15 cm increased the photosynthetic potential of Titan varieties to 4.250 million m^2•days/ha and Kobuko to 4.125 million m^2•days/ha, and the Pallada variety up to 4.166 million m^2•days/ha, but on variants with a row spacing of 30 cm, which is more compared to the row sowing method with a row spacing of 15 cm or 30 cm by 3.0–5.9%, and with the wide row sowing method with a row spacing of 45 cm – by 9.8–12.8%.

Sowing soybeans of the Titan and Kobuko varieties with a row width of 15 cm, and the Pallada variety with a row width of 30 cm contributes to a more active accumulation of chlorophylls a and b, and their sum, compared to the wide-row method. In these versions of the experiment, the value of these indicators increased by 4.1–13.2 %, 1.6–8.0%, and 3.5–10.9 %, respectively.

It was found that the dynamics of the net photosynthetic productivity during the soybean growing season had a sinusoidal character. From the seedling stage to the beginning of flowering, it grew and reached an absolute maximum. The indicator of the net productivity of photosynthesis in the Titan variety was (5.00 g/m^2 per day) and Kobuko (4.63 g/m^2 per day) with a row width of 15 cm, in the Pallada variety (4.68 g/m^2 per day) with a row width of 30 cm, which is higher, respectively, by 0.39–1.35 g/m^2 per day, 0.79–1.22 g/m^2 per day and 0.35–0.88 g/m^2 per day, compared to other sowing methods.

Formation of the highest indicator of accumulation of dry matter of the studied varieties (6.25–6.40 t/ha) in the phase of full ripeness was caused by sowing soybeans in rows with 15 cm spacing, the increase was 3.3–9.6 %.

The best conditions for the absorption and effective use of solar energy by soybean crops of the Titan and Kobuko varieties were for sowing with a row width of 15 cm, and for the Pallada variety - with a row width of 30 cm. The coefficient of photosynthetically active radiation reached the highest values of 1.53–1.56 % and exceeded other sowing methods by 0.03–0.13 %.

The symbiotic activity of soybean plants depended on varietal characteristics, sowing methods and weather conditions. The number and mass of nodule bacteria on soybean roots increased until the end of flowering, after which the intensity of growth decreased sharply and their destruction occurred.

Sowing soybeans in rows with a row width of 15 cm and 30 cm created better conditions for the formation of a symbiotic apparatus. On these options, the best indicators of the symbiotic apparatus were formed in the Titan variety: the number of active nodules was 72.1 pcs./plant and their weight was –1.08 g/plant; in the Pallada variety, respectively, 68.6 pcs./plant and 0.97 g/plant; in the Kobuko variety, respectively, 68.3 pcs./plant and 0.91 g/plant, which is more by 6.4–28.1 %, 13.6–36.0 % and 3.2–14.8 % than in other variants. The highest values of total and active symbiotic potential were also observed on these variants, respectively, 30.22 and 27.37 thousand kg•days/ha, 29.77 and 26.54 thousand kg•days/ha, 27.28 and 24.08 thousand kg•days/ha.

The row method of sowing with a row width of 15 cm or 30 cm also provided optimal conditions for the formation of the highest rate of biologically fixed nitrogen in soybean varieties of 95.58–108.30 kg.

The results of the research indicate the high plasticity of soybean varieties to changes in the size of the feeding area. That is, there is a certain range of densities within which a change in the feeding area contributes to an increase in the productivity of crop plants. The highest plant productivity indicators of the Titan variety were formed on the feeding area from 134 to 168 cm^2, the Pallada variety - from 148 to 186 cm^2 and Kobuko - from 167 to 202 cm^2, which corresponds to the density from 734 to 585 thousand/ha, from 674 to 538 thousand/ha and from 598 to 495 thousand/ha and determines the highest yield of seeds per unit area. The subsequent increase or decrease in plant density led to a decrease in the level of individual productivity of soybean plants. The formation of crops with the optimal density of plants per unit area is one of the determining factors in the formation of the yield level of soybean seeds.

It was noted that sowing soybean varieties Titan and Kobuko in a row method with a row width of 15 cm and Pallada variety – with a row width of 30 cm contributed to the formation of the highest indicators of individual plant productivity. The largest number of beans (38.4 pcs), seeds on one plant (84.1 pcs), their weight (15.4 g) and the weight of 1000 seeds (176.6 g) were formed on the plots of the Titan variety, which is more, respectively, by 5.2 and 8.2 pcs., 8.3 and 17.8 pcs., 2.6 and 4.5 g, 9.7 and 14.6 g compared to with sowing methods with a row width of 30 cm and 45 cm. A similar dependence was observed in the Pallada and Kobuko varieties, but the indicators of individual plant productivity were somewhat lower. It was also noted that as the width of the rows increased, the attachment height of the lower beans of soybean varieties increased by 1.6–4.2 cm, and the fruiting zone decreased by 0.6–4.7 %.

Each variety requires appropriate spatial arrangement of plants on the area, which is determined by the method of sowing. It should be noted that in the world and in Ukraine there is a clear tendency to narrow the row spacing in soybean cultivation. It was found that reducing the width of the rows from 45 to 15 cm led to

an increase in soybean productivity by 4.2–12.6 %. The maximum yield was formed in the Titan variety (3.34 t/ha) and slightly less in the Kobuko variety (3.06 t/ha) when sowing with a row width of 15 cm, which is higher, respectively, by 7.4–11.9 % and 6.3–12.6 % compared to the variants of the experiment, where sowing was carried out with a row width of 30 cm and 45 cm. The highest yield in the Pallada variety (3.14 t/ha) was formed with a row width of 30 cm, which is 4.0–11.4 % higher than the other studied sowing methods.

The maximum content of crude protein in soybean seeds of the Titan (40.0 %) and Kobuko (40.9 %) varieties was obtained on sowing options with a row spacing of 15 cm. In the Pallada variety, the maximum crude protein content (41.5 %) was noted for sowing with a row spacing of 30 cm. The highest fat content in soybean seeds of the Titan (20.8 %), Kobuko (20.4 %), and Pallada (20.1 %) varieties was obtained using similar variants, which is 0.7–1.8 % higher than other variants. When the row width decreased, the collection of protein and fat per unit area increased. With the row method of sowing with a row spacing of 15 cm, the Titan and Kobuko varieties received the largest increase in the collection of crude protein and fat, respectively, 0.17 t/ha, 0.19 t/ha and 0.13 t/ha, 0.12 t/ha against the wide-row method of sowing. The highest collection of protein and fat in the Pallada variety was for sowing with a row width of 30 cm, it increased by 0.19 t/ha and 0.08 t/ha compared to the wide-row method of sowing.

The economic evaluation of the technology of growing soybeans of the Titan and Kobuko varieties showed that the maximum conditional net profit, respectively, 24.49 thousand UAH/ha and 22.08 thousand UAH/ha, and the highest level of profitability, respectively, 129 % and 118 %, was provided by sowing soybeans in a row method with a row width of 15 cm, and the Pallada variety, respectively, 21.11 thousand UAH/ha and 113 % – sowing with a row width of 30 cm.

Key words*: soybean, variety, sowing method, hydrothermal conditions, photosynthetic productivity, symbiotic activity, productivity, seed quality.*

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Юрченко Ю.О., Чорна В.М. Формування та функціонування симбіотичного апарату сої залежно від способу сівби. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2025. Вип. 99. С. 65–76. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202599-06

2. Чорна В.М., Юрченко Ю.О. Особливості формування індивідуальної продуктивності рослин сої за різного способу сівби. Аграрні інновації. Одеса, 2025. No 31. С. 143–148. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.22

3. Юрченко Ю.О. Вплив способу сівби на формування якості насіння сої. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Камянець-подільський, 2025. № 3(48). С. 126-130 https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.15

Матеріали конференцій:

4. Юрченко Ю. Вплив способу сівби на формування фотосинтетичної продуктивності сої в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовий білок: матеріали XIV Міжнародної наукової конференції (12 жовтня 2022 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2022. С. 89–91. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2022conf

5. Юрченко Ю. Вплив способу сівби на врожайність насіння сої в умовах Лісостепу Правобережного. Сучасні кормові ресурси: селекція, технологія виробництва, заготівля та безпека кормів: матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених (14 вересня 2023 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023. С. 53–55. https://fri.vin.ua/wp-content/uploads/2023/10/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F_2023_%D0%9C%D0%92.pdf

6. Юрченко Ю. Динаміка нагромадження сухої речовини посівами сої. Корми і кормовий білок: матеріали XVI Міжнародної наукової конференції (19–20 вересня 2024 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля

НААН. Вінниця. 2024. С. 126 – 128 https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2024conf

7. Юрченко Ю.О. Кількість біологічно фіксованого азоту залежно від способу. Інноваційні технології у рослинництві: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції до 115-ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член-кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів-Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького. Північний кампус, 284 с. (С.176-179). https://repositori.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/2477

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП…… 19

РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ... 23

1.1 Сорт – біологічний фундамент технології вирощування сої……. 23

1.2 Продуктивність рослин сої залежно від різних способів сівби… 31

Висновки до розділу 1……... 37

РОЗДІЛ 2. АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ…….. 39

2.1 Характеристика ґрунтово-кліматичних умов Лісостепової зони…… 39

2.2 Агрохімічна характеристика грунту дослідної ділянки……. 42

2.3 Оцінка гідротермічних умов у роки проведення досліджень…... 43

2.4 Методика та методи проведення польових і лабораторних досліджень…….. 51

Висновки до розділу 2……... 58

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНІВ ТЕХНОЛОГІЇ ……..... 60

3.1 Тривалість міжфазних періодів сої залежно від гідротермічних умов вирощування та способів сівби……... 60

3.2 Динаміка ростових процесів рослин сої за різних способів сівби…… 69

3.3 Характер формування генеративних органів у рослин сої…… 73

3.4 Довжина міжвузля та діаметр стебла рослин сої за різних способів сівби ……..……. 77

Висновки до розділу 3……... 80

РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ……..……... 82

4.1 Динаміка формування асиміляційної поверхні листків сої……... 82

4.2 Вплив способу сівби на фотосинтетичний потенціал посіву сої…… 86
4.3 Концентрація хлорофілу в листках рослин сої залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування ……..…… 89
4.4 Вплив способів сівби на чисту продуктивність фотосинтезу ….. 93
4.5 Динаміка накопичення сухої речовини в онтогенезі рослин сої…… 96
4.6 Особливості поглинання фотосинтетичноактивної радіації посівами сої залежно від способів сівби……. 100
Висновки до розділу 4……... 103
РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ СІВБИ ……..…….. 105
5.1 Динаміка кількості та маси бульбочок у рослин сої залежно від способу сівби…….. 105
5.2 Загальний та активний симбіотичний потенціал сої та особливості його формування ……..……..…… 114
5.3 Кількість симбіотично фіксованого азоту залежно від способу сівби…… 119
Висновки до розділу 5…….. 123
РОЗДІЛ 6. ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ СІВБИ…… 125
6.1 Вплив густоти рослин, ширини міжрядь і площі живлення на індивідуальну продуктивність…….. 125
6.2 Індивідуальна продуктивність сої залежно від технологічних прийомів ……..…….... 134
6.3 Урожайність сортів сої залежно від способів сівби.……..... 146
6.4 Якість насіння сортів сої залежно від елементів технології вирощування……... 154
Висновки до розділу 6…….. 158

РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ СОЇ ……..……...…….... 160

7.1 Економічна ефективність вирощування сої…… 160

Висновки до розділу 7……... 163

ВИСНОВКИ……..….. 164

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ…….…. 168

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..……. 169

ДОДАТКИ…….…….. 194

ВСТУП

Соя є однією з найбільш рентабельних культур. Цінна високобілкова олійна культура, яка має великий попит на внутрішньому та світовому ринках. Насіння сої є унікальним, містить 38–45 % білка, 20 % жиру, 25–30 % вуглеводів, а також мінеральні речовини, ферменти, вітаміни. На даний час інтерес до сої, як до сільськогосподарської культури третього тисячоліття зростає, завдяки унікальному поєднанню в рослині процесів фотосинтезу і біологічної фіксації азоту. Завдяки чому вона забезпечує свою потребу в азоті та покращує родючість ґрунту.

Природнокліматичні умови дозволяють вирощувати сою майже на всій території України. Збільшення виробництва насіння сої пов'язане не тільки з розширенням посівних площ, а й з підвищенням її продуктивності. Для підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості насіння сої велике значення мають усі елементи технології її вирощування.

Актуальність теми. Успішне впровадження технологій вирощування сої залежить не тільки від якісного та своєчасного виконання всього комплексу технологічних операцій, але й, значною мірою, від сорту. Важливу роль у зростанні площі посівів сої відіграють нові сорти, що не тільки виділяються підвищеною продуктивністю, але й толерантніші до несприятливих умов вирощування та відзначаються доброю технологічністю завдяки збільшеній висоті прикріплення нижнього бобу та стійкістю до вилягання. Поряд з тим постає питання розробки елементів технології вирощування, які б забезпечили високу їх продуктивність.

Рослини сої формують високу врожайність за умови правильного вибору оптимальної для зони вирощування сорту, площі їх живлення та способу сівби. У посівах сої з оптимальною площею живлення рослин основна кількість бобів формується на головному пагоні. У зріджених – на бокових гілках рослин, нижні боби закладаються близько до поверхні ґрунту, що створює несприятливі умови для розвитку рослин сої та їх механізованого збирання. Негативна дія надмірного загущення призводить до неповного використання світла, вологи, поживних речовин, зниження біологічної фіксації азоту. Тому актуальність

теми полягала у теоретичному обґрунтуванні вибору раціональної оптико-біологічної структури посіву, яка забезпечить підвищення урожайності, фотосинтетичної, симбіотичної продуктивності та якості насіння сої.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи були складовою частиною програми наукових досліджень Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, які проводилися у лабораторії технологій вирощування сої та зернобобових культур згідно ПНД "«Кормовиробництво та технології отримання високоякісної продукції для тваринництва» (Кормовиробництво)" за завданням: "25.02.01.08.Ф Дослідження закономірностей прояву абортивності плодоелементів при формуванні продуктивності сортів сої, різних за типом росту та розроблення адаптивних технологій їх вирощування " (№ державної реєстрації 0121U107547).

Мета досліджень. Встановити залежності формування продуктивності сортів сої за різних способів сівби рослин в умовах Лісостепу правобережного.

Завдання досліджень:

- виявити особливості росту та розвитку рослин сої залежно від дії досліджуваних елементів технології вирощування;
- встановити залежності формування та функціонування фотосинтетичного та симбіотичного апаратів рослин сої від впливу факторів, що поставлені на дослідження;
- провести оцінку індивідуальної продуктивності рослин, рівня урожайності та якості насіння сої;
- оцінити економічну ефективність досліджуваних елементів технологій вирощування сої.

Об'єкт дослідження: процеси росту і розвитку рослин сортів сої різних груп стиглості, формування врожаю та його якості залежно від біологічних особливостей сорту та способу сівби.

Предмет дослідження: сорти різних груп стиглості та їх реакція на спосіб сівби, гідротермічні умови, урожайність, якість насіння.

Методи дослідження. Візуальний – для визначення фенологічних змін росту рослин сої; кількісний – для визначення густоти, польової схожості та

виживаності рослин; метод промірів – для визначення висоти рослин; метод висічок – для обліку площі листової поверхні посівів сої; фізіологічний – для визначення фотосинтетичної продуктивності рослин сої в онтогенезі; метод монолітів – для визначення розмірів симбіотичного апарату сої та встановлення величини біологічно фіксованого азоту; метод пробного снопа – для визначення індивідуальної продуктивності рослин сої; метод суцільного збирання – для визначення урожаю насіння сої; біохімічний – для встановлення якісних показників урожаю; статистичні: дисперсійний – для визначення вірогідності отриманих результатів досліджень, кореляційний і регресійний – для встановлення тісноти зв'язків між факторами, що були поставлені на вивчення і продуктивністю рослин сої; порівняльно-розрахунковий – для проведення економічної ефективності досліджуваних прийомів технології вирощування сої.

Наукова новизна

Уперше:

- встановлено залежності формування урожайності і якості насіння сортів сої від способів сівби;

- виявлено специфіку сортів у формуванні фотосинтетичного та симбіотичного апаратів сої залежно від досліджуваних чинників;

- досліджено процеси утворення плодоелементів та індивідуальної продуктивності рослин сої;

- виявлено залежності формування величини урожайності та якості насіння сортів сої від оптико-біологічної структури посіву.

Удосконалено:

– технологію вирощування інтенсивних сортів сої на основі застосування різних способів сівби.

Набули подальшого розвитку уявлення щодо проходження процесів росту й розвитку рослин сортів сої залежно від дії організованих факторів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні та впровадженні в умовах Лісостепу Правобережного сортових технологій вирощування сої при застосуванні способів сівби з шириною міжрядь 15 см та 30 см, які дозволяють отримувати урожайність сорту Титан – 3,34 т/га, Паллада – 3,14 т/га та Кобуко – 3,06 т/га та прибавку на рівні 11,4-12,6 %. Технологія

вирощування сої пройшла виробничу перевірку в 2024 році та впровадження у 2025 році на загальній площі 200 га у ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» с. Малі Крушлинці, Вінницький район, Вінницька область та ФГ «Юрченко-Н» с. Великі Крушлинці, Вінницький район, Вінницька область, де забезпечила урожайність насіння сортів сої на рівні 3,22-3,45 т/га, прибавка урожайності насіння становила 11,5-12,5 %.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є особисте наукове дослідження автора. За темою роботи автором безпосередньо проведено аналіз світової та вітчизняної наукової літератури, визначено мету і задачі досліджень. Безпосередня участь при розробці програми, закладці та проведенні польових, лабораторних і виробничих досліджень, узагальненні результатів.

Апробація результатів дисертації. Матеріали та основні положення дисертації оприлюднені та обговорені на XIV, XVI Міжнародних наукових конференціях «Корми і кормовий білок» (12 жовтня 2022 року, 19-20 вересня 2024 року, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Вінниця), Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених «Сучасні кормові ресурси: селекція, технологія виробництва, заготівля та безпека кормів» (14 вересня 2023 року, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Вінниця), Науково-практичній інтернет-конференції до 115-ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член-кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича «Інноваційні технології у рослинництві» (30 квітня 2025 р. Львів-Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького).

Публікації результатів досліджень. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 7 наукових праць, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України та 4 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, семи розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 240 сторінках друкованого тексту комп’ютерного набору, містить 31 таблицю, 20 рисунків, 19 додатків. Список використаних джерел налічує 266 найменувань, в тому числі латиницею – 46.

РОЗДІЛ 1
НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ

(огляд літератури)

1.1 Сорт – біологічний фундамент технології вирощування сої.

Сорт – ключовий фактор у технології вирощування сої, він є не тільки засобом збільшення урожайності, а й фактором, без якого неможливо реалізувати накопичений генетичний потенціал [1]. Сорт визначає рівень урожайності культури, якість насіння та є найдоступнішим і найдешевшим засобом підвищення урожайності сільськогосподарських культур [2]. Українськими селекціонерами, створені нові сорти сої з рівнем продуктивності 4–5 т/га. Реалізація генетичного потенціалу таких сортів вимагає розробки і застосування сучасних технологій вирощування [3].

Впровадження та поширення сортів суттєво залежить від їхніх біологічних особливостей та умов довкілля. Для реалізації біологічного та генетичного потенціалу продуктивності кожний сорт потрібно вирощувати в відповідному регіоні або поясі [4].

Соя еволюціонувала за умов мусонного клімату, і головною ознакою, яку потрібно суттєво поліпшити для умов нашої країни, є посухостійкість. Упровадження більш стійких до недостатньої кількості опадів сортів буде сприяти стабільності врожаю. Сорти такого типу менше страждають від несприятливих умов, у них з мінімальними втратами пластичних речовин проходять відновлювальні процеси. Експериментальні результати свідчать про високу жаростійкість рослин сої, яка значно перевищує цей показник у злакових культур. За умов підвищених температур у листках сої накопичується значна кількість вільного проліну, рівень якого може свідчити про посухостійкість сорту [5].

Ураховуючи вимоги до умов вирощування сої, ґрунтові та гідротермічні ресурси України, академік А. Бабич виділив «соєвий пояс», де розміщено 2/3

посівів сої, виділено зону стійкого та нестійкого виробництва цієї культури на багатих землях і зону гарантованого виробництва сої на зрошувальних землях [6].

У соєвому поясі України, можна було б вирощувати близько 3 млн. га сої, до нього входять регіони з вегетаційним періодом 100-140 днів, де сума активних температур становить 1800-3000℃, за рік випадає 500-600 мм опадів і більше, що є достатнім для вирощування сортів сої [7].

Вирішальним при вирощуванні сої в певній зоні соєсіяння є тривалість вегетаційного періоду, бо цей показник впливає на продуктивність культури. Новостворені сорти повинні гарантувати достигання за оптимальних строків сівби [8, 2].

Зміна клімату та створення останніми роками нових високопродуктивних скоростиглих сортів Інститутом кормів НААН України спільно з іншими науково-дослідними установами сприяло розширенню соєвого поясу на північ Лісостепу та на південь Полісся України [6].

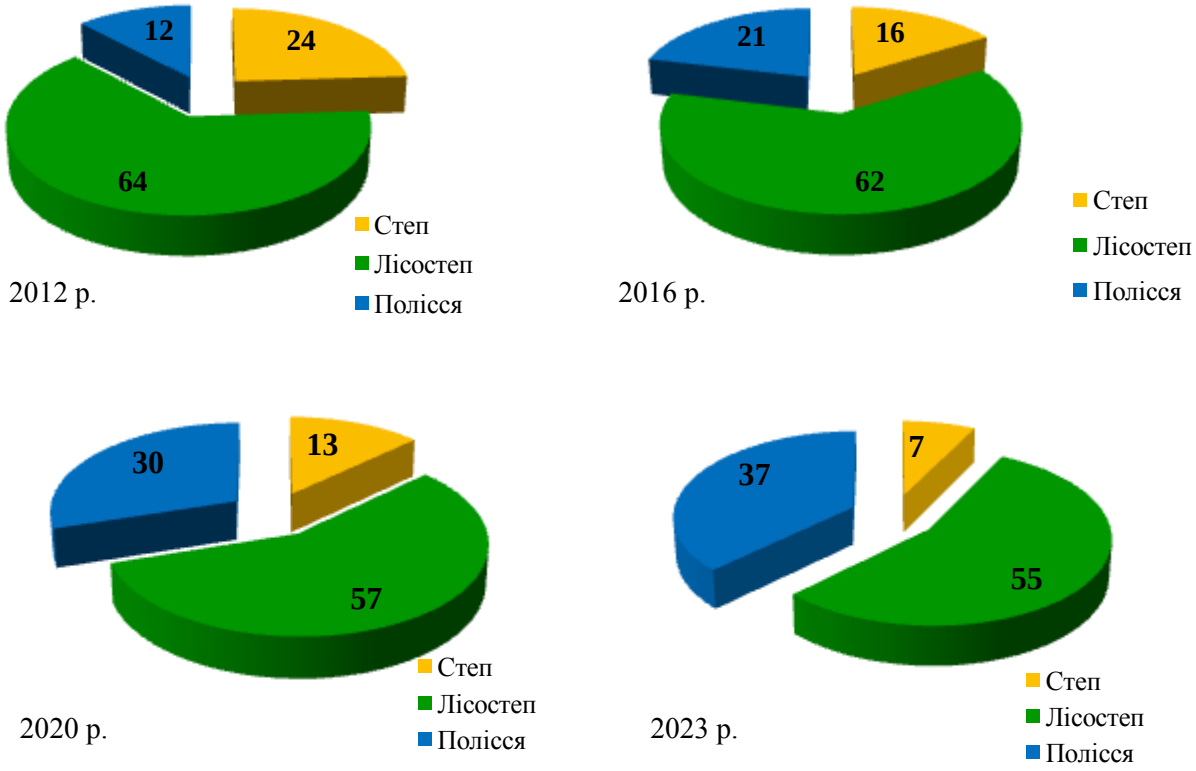


Рис. 1.1. Динаміка структури посівних площ сої у ґрунтово-кліматичних зонах України, %

На рис. 1.1 наведено розподіл посівів сої за ґрунтово-кліматичними зонами України.

В Україні посіви сої в основному сконцентровані в зоні Лісостепу (55-64 %), у Степу – 7-24 %, у Поліссі – 12-37 % (рис. 1.1). За період з 2012–2023 рр. відбулося збільшення посівних площ у Поліссі, зменшення у Лісостепу та найбільше скорочення – у Степу втричі.

На сьогодні відомо понад 1000 сортів і гібридів сої, які характеризуються високою продуктивністю. Якщо у 2012 році загальна кількість зареєстрованих сортів сої в Україні становила 125, з них 29 % іноземної селекції. То у 2024 році до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні занесено 344 сортів сої, з них 60 % іноземні (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Структура сортів сої в Україні [10]

Роки	Вітчизняна селекція		Іноземна селекція	
	шт.	%	шт.	%
2012	89	71	36	29
2013	100	72	39	28
2014	101	67	50	33
2016	112	59	79	41
2017	125	59	85	41
2018	123	61	79	39
2019	122	55	101	45
2020	123	50	124	50
2021	123	43	163	57
2022	108	39	169	61
2023	123	40	185	60
2024	137	40	207	60

Щороку відбувається оновлення сортових ресурсів сої та збільшується частка сортів іноземної селекції. Причиною зменшення частки сортів традиційної селекції є доповнення до Закону України № 2245-VIII від 21 грудня 2017 року, згідно з якими з 1 вересня 2018 року до 31 грудня 2021 року скасовується бюджетне відшкодування ПДВ при експорті сої [9]. Внаслідок цього зменшився попит на сорти національної селекції, що негативно вплинуло на ефективність національної системи насінництва.

При аналізі сортових ресурсів за новизною виявлено, що найбільша кількість 34,6 % сортів сої зареєстровані та занесені до Державного реєстру

більше 6-10 років тому, 33,4 % - менше 5 років тому та 32,0 % - більше 10 років (рис. 1.2).

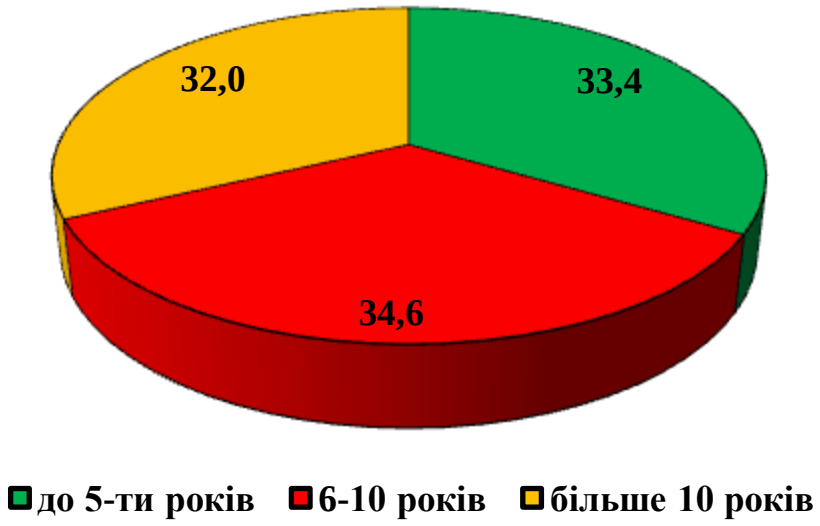


Рис. 1.2 Аналіз сортових ресурсів сої за новизною, 2024 р. [10].

Найбільша кількість сортів сої, належать до ранньостиглої групи, – 115 шт. (рис. 1.3). До середньостиглих та скоростиглих груп належать 106 і 55 сортів, найменша кількість середньоранніх - 38 сортів [10].

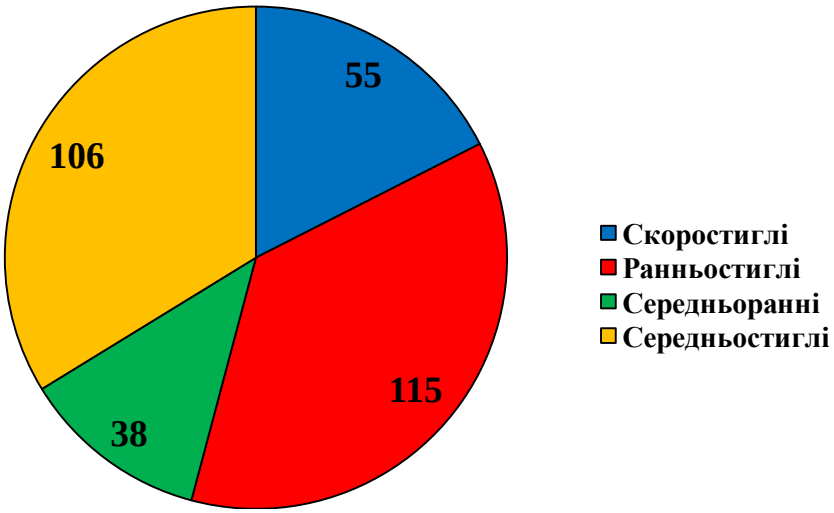


Рис. 1.3. Розподіл сортів сої, занесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, за групами стиглості, шт. [10].

Потенціал урожайності вітчизняних сортів сої досить високий: ультраскоростиглих – 2,3-2,8 т/га ранньостиглих – 2,5-3,0 т/га, середньоранньостиглих – 3,0–4,0, середньостиглих – 4,1-5,0 т/га і більше [11].

Основними заявниками сортів сої у державному реєстрі є: ННЦ Інститут землеробства НААН України, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України, Інститут зрошуваного землеробства НААН України, Інститут олійних культур НААН України, Буковинський інститут АПВ, Кіровоградський інститут АПВ, НСНФ «Соєвий вік», Селекційно-генетичний інститут НААН України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України [10].

За даними 2017–2018 рр. серед національних селекційних установ високий рейтинг мають лише 4: Селекційно-насінницька фірма «Соєвий вік», Національний науковий центр Інститут землеробства НААН, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН та Полтавська державна аграрна академія МОН [12].

В Україні з вітчизняних насінницьких корпорацій до крупних відносять компанію А.Т.К. (більше 3 тис. га посівних площ), «Прогрейн Укр.» (1,51 тис. га), «Астарта-Київ» («Астарта Селекція», 937,6 га), «Агрофірма-Обрій», «Західний Буг» [13]. Відсоток інших компаній рейтингу складає 3,8–2,4 %.

Сорти Інституту зрошуваного землеробства НААН в структурі посівів сої в Україні займають лідируючі позиції: частка сортів коливається від 7,6 % до 12,4 %. Це єдина наукова установа в Україні, яка проводить селекційну роботу з соєю в умовах зрошення. Чотири сорти створено разом із Інститутом кормів та сільського господарства Поділля НААН – Оксана, Оріана, Золотиста, Феміда [14].

У дослідах ІЗЗ НААН у середньому за дев'ять років урожайність сої без поливів становила 1,36 т/га, а за умови поливу – 2,82 т/га або на 1,5 т/га більше [15].

При проведенні апробації у 2012-2013 роках в ДПДГ «Каховське» сорт Софія забезпечив урожайність 4,0 т/га, сорт Аратта – 4,3 т/га, сорт Святогор – 4,2 т/га. Особливої уваги заслуговує сорт Діона – ультраскоростиглий сорт, визнаний національним стандартом для сортів скоростиглої групи [14].

В лабораторії селекції сої Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр‘єва НААН створено низку нових високотехнологічних сортів сої, які за комплексом господарсько-цінних ознак знаходяться на рівні кращих вітчизняних та зарубіжних аналогів [16].

Дослідження проводилися у конкурсному сортовипробуванні лабораторії селекції сої Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр‘єва НААН впродовж 2011−2013 рр. Встановлено, що в середньому за три роки досліджень урожайність насіння сортів сої коливалася від 0,94 т/га до 1,19 т/га. При цьому найвищий рівень урожайності забезпечили сорти Романтика (1,12 т/га), Фея (1,15 т/га), Версія, (1,12 т/га), Мальвіна (1,12 т/га), Криниця (1,19 т/га) і Байка (1,12 т/га) [17].

В результаті проведених досліджень сорт Романтика максимальну врожайність мав за норми висіву 700 тис./га – 2,41 т/га. Занижені норми висіву сприяли зниженню врожайності насіння до 2,07 т/га за норми висіву 600 тис./га та до 1,82 т/га – за норми 500 тис./га. Збільшення норми висіву до 800 тис./га було неефективним – 2,39 т/га [18].

Селекція сортів сої в Селекційно-генетичному інституті спрямована, перш за все, на виведення нових посухостійких сортів цієї культури. Суттєвим науковим успіхом є виведення протягом останніх 35 років близько 30 сортів сої, придатних для кормового та харчового використання з високим рівнем адаптивності та продуктивності [19].

Сучасна селекція сої на Поділлі ведеться з 1989 року у створеному 31 липня 1973 року у м. Вінниця Українському науково-дослідному інституті кормів. Тоді вітчизняними вченими і науковцями для подальшої роботи було взято кращі зразки колекцій з наукових установ СРСР. Використання наявної на той період інформаційної і селекційної бази дало змогу розгорнути напрями селекції на високу адаптивність рослин, високий рівень продуктивності, якість насіння. Також селекція ведеться на понижений вміст інгібіторів трипсину [11].

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН став головною координаційною установою наукових закладів системи Національної академії аграрних наук України за програмою «Корми і кормовий білок».

Останніми роками селекція вітчизняних сортів сої ведеться на підвищений вміст сирого протеїну. Вже існують сорти, які мають 40-42 % сирого протеїну в насінні. Крім того, ведеться селекція з біологічної повноцінності білка, яка направлена на збільшення частки незамінних амінокислот.

В результаті досліджень урожайність сорту Самородок у 2019 році, занесеного до Держреєстру сортів рослин 2018 року, становила 2,5 т/га, що є непоганим результатом, а минулого, більш сприятливого року - 3,5-3,8 т/га при генетичному потенціалі 4,5 т/га [20].

За результатами післяреєстраційного вивчення Вінницького обласного центру експертизи сортів рослин, у 2011 році урожайність сортів сої селекції Інституту кормів і сільського господарства Поділля становила: Говерла – 33 ц/га, Діона – 34 ц/га, Анатоліївка – 37 ц/га, Оксана – 37 ц/га, Феміда – 37 ц/га, КиВін – 38 ц/га, Артеміда – 39 ц/га, Золотиста – 39 ц/га, Омега вінницька – 40 ц/га, Монада – 44 ц/га, Хуторяночка – 46 ц/га, Смолянка – 49 ц/га. Середня урожайність цих сортів склала 39,7 ц/га, що є найкращим показником у Європі [21].

Селекціонером Шерепітко В. В. було розпочато селекцію сої в Кам’янець-Подільській аграрно-технічній академії разом з Інститутом агроекології і біотехнології та Інститутом кормів виведено високопродуктивні середньостиглі сорти Подільська 1, Подолянка, Подільська 416 [22].

Торговий дім "Соєвий вік" вже тривалий час знаходиться на ринку сільського господарства та займає провідне місце у його становленні та розвитку. Перший сорт селекції "Соєвий вік" "Аннушка" визнаний національним стандартом до групи скоростиглих сортів по всіх зонах країни.

Цей сорт вже успішно випробуваний не тільки на полях Кіровоградщини, а й в інших областях України та зарубіжжя: гарні результати сортовипробування сорту Аннушка отримані в Білорусі, Росії, Молдові, Англії - 2,8-4,0 т / га. У 2007 році сорт Аннушка зайняв 6-е місце в Україні за площею посіву. Також відомі інші сорти власної селекції Білявка, Анастасія, Атланта, Мавка, Срібна Рута, Антошка, Альянс, Сандра [23].

За даними Українського інституту експертизи сортів рослин, максимальну урожайність за період 2010–2017 рр. мали 5 сортів сої: «Sigalia» (Франція) – 5,4 т/га, «Kofu» (Канада) – 5,03 т/га, «Естафета» (Україна) – 5,07 т/га, «Терек» (Україна) – 5,06 т/га та «Авантюрин» (Україна) – 5,11 т/га. У 2013 р. сорт «Аквамарин» сформував урожайність 4,62 т/га [24].

У рейтингу сортів сої вітчизняної селекції у 2021 році першість (635 тонн реалізовано) належить сорту Алмаз полтавського селекціонера Людмили Білявської. Друге місце (342 тонни) у сорту Муза Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН України», третє – у сорту Сіверка (338 тонн) Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН України». Також популярний в аграріїв сорт Оріана (101 тонн) виробництва Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України [25].

Конкуренцію в сегменті іноземного насіння сої складають сорти Канади: «Семенсес прогрейн інк», «Севіта Генетик», Франції: «Євраліс семанс», «Коссад семанс», «РАЖТ 2н», Сербії: Дельта Аграр д.о.о, Австрії: «Заатбау Лінц рег. Ген. м.б.Х», «Пробстдорфер Заатцухт Гез.м.б.Х. енд КоКГ», Німеччини: «Дойче Заатфеределунг АГ», «Заатен-Уніон ГмбХ» [10].

Таким чином, стале соєсіяння в умовах Лісостепу України у значній мірі залежить від підбору сорту, технології його вирощування та наявності відповідних ресурсно-технологічних вкладень у технологію. Тому кожний сорт потрібно вирощувати в тому регіоні або поясі, де проявляється найвища реалізація біологічного і генетичного потенціалу його продуктивності.

1.2. Продуктивність рослин сої залежно від різних способів сівби.

У підвищенні врожайності польових культур, зокрема сої, важливу роль відіграє кожний агротехнічний прийом, проте саме сівба є основною ланкою у технології вирощування сої. Неправильно вибраний хоча б один критерій посівної агротехніки примушує землероба на всіх подальших етапах росту і розвитку рослин сої виправляти помилки [26].

До вибору способів сівби треба підходити диференційовано з урахуванням біологічних особливостей сортів, світлового та гідротермічного режимів зони. Кращим є такий спосіб сівби, який у конкретній зоні найбільшою мірою відповідає біологічним особливостям сорту та сприяє кращому використанню рослинами ґрунтової родючості, вологи, світла [26]. Однак, незважаючи на численні публікації з цього питання, думки дослідників щодо впливу способу сівби та ширини міжрядь на врожайність сої доволі суперечливі [27, 28, 29, 30, 31]. Внаслідок різноманітності ґрунтово-кліматичних і агротехнічних умов та сортового складу.

На початкових етапах вирощування в Україні сої довгий час був поширений квадратно-гніздовий спосіб сівби за схемою 70 х 70 см, який за відсутності гербіцидів дозволяв отримати відносно легкий доступ до міжрядь та забезпечував високу ефективність контролювання бур’янів механічними способами. Однак застосування квадратно-гніздового способу вимагало надзвичайно великих затрат праці під час підготування поля до сівби та використання праці механізаторів найвищої кваліфікації. А отже, зважаючи на це та на невідповідність біологічним вимогам рослин цей спосіб з часом був зведений на нівець [32].

Після появи гербіцидів сою почали висівати широкорядним пунктирним способом з міжряддями 45, 60 і 70 см [33]. Проте часто ефективність застосування гербіцидів у посівах сої доволі незначна навіть за умови використання сучасних препаратів, тому питання оптимізації способів сівби не втратило актуальності [34].

У 60-90-і роки XX століття основним способом сівби сої був широкорядний пунктирний з міжряддями 45–60 см. Багато дослідників відзначає перевагу широкорядного способу сівби [35, 36, 37].

Поява нових сортів сої, зростання культури ведення землеробства взагалі та підвищенням рівня і точності механізації призвели до того, що у виробництві більш широко почали застосовувати широкорядні способи рядкової сівби з шириною міжрядь 45, 60, 70 см та стрічкові способи сівби з шириною стрічки та міжрядь відповідно від 15 до 22 см. Слід відмітити, що як і в світі так і в Україні намітилась чітка тенденція до звуження міжрядь при вирощуванні сої. У таких посівах спостерігається рівномірне розміщення рослин на площі, формується сприятлива оптико-біологічна структура посівів, підвищується ефективність засвоювання сонячної енергії тощо [38, 39, 40, 41, 42].

Академік А. О. Бабич вказував, що для рядкового способу сівби досить важливою є норма висіву. При звужених міжряддях та звичайних рядкових посівах густота рослин для більшості сортів повинна бути більша, ніж при широкорядних [26].

При вирощуванні ранньостиглих сортів з меншою масою рослин норму висіву і їх густоту необхідно збільшувати з одночасним зменшенням ширини міжрядь, а пізньостиглих сортів з більшою масою рослин норму висіву зменшувати, ширину міжрядь збільшувати [26].

Ширина міжрядь визначається також і біологічними особливостями сортів та їх здатності до гілкування або ж до вилягання. Так, сорти сої, що активно гілкуються, краще ростуть за меншої густоти, а от стійкі до вилягання – навпаки [43].

Розмір площі листкової поверхні рослин сої впливає на продуктивність фотосинтезу і величину врожаю. При збільшенні в посівах сумарної площі листкової поверхні урожайність зростає насамперед за рахунок поглинання більшої кількості сонячної радіації. Чим більше сонячних променів одержує соя, тим більше вона буде синтезувати білка й олії. Площа листя і фотосинтетична діяльність сої значно залежать від технологічних заходів її

вирощування [44, 45].

Дослідженнями виявлено, що площа листкової поверхні у рослин сої сягала максимуму через 67 діб після сівби незалежно від ширини міжрядь і зрошення. У вузькорядних посівах на початку вегетації 60 % світла проникало до листкової поверхні, а в широкорядних – тільки 30 %, тоді як через 64 доби після сівби в усіх варіантах більше 90 % світла проникало до листків [46].

За результатами досліджень впродовж 2015–2016 років на дослідному полі Центральноукраїнського національного технічного університету виявлено, що за звичайної рядкової сівби площа листків сої сорту Золушка на 1 га була більшою і становила в середньому 55,8 тис. $м^2$, за міжрядь 45 см – 53,9 тис. $м^2$. У широкорядних посівах з міжряддями 45 см маса рослин була більшою 60,6 г, ніж за звичайної рядкової сівби 57,4 г [47].

Дослідження проводили протягом 2011–2012 рр. на дослідному полі Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва. Найбільша середня за роки досліджень площа листкової поверхні, 34,9 тис. м²/га, зафіксована у сорту Аннушка, висіяного з шириною міжрядь 45 см. Найменша листкова поверхня у сорту Аннушка в посівах з шириною міжрядь 70 см (32,2 тис. м²/га). Збільшення ширини міжрядь з 15 до 45 см призводило до підвищення величини листкової поверхні [48].

В результаті проведених досліджень впродовж 2004-2007 рр. було встановлено, що на широкорядних (45 см) посівах сої максимальна площа листкової поверхні за період вегетації сортів, що вивчались, була меншою на 1,1 тис.$м^2$/га порівняно із відповідними варіантами рядкового (15 см) способу сівби. Внаслідок чого кількість сухої речовини на широкорядних посівах була меншою на 0,22 т/га порівняно з таким варіантом рядкового способу сівби [49].

Максимальна площа листкової поверхні в фазу цвітіння сорту Омега Вінницька (48,5-48,8 тис.$м^2$ /га) була суцільному способі сівби з шириною міжрядь 15 см при густоті рослин 400- 500 тис. шт./га. Зміна просторового і кількісного розміщення рослин даного сорту в сторону збільшення ширини міжрядь і густоти не сприяла зростанню площі листової поверхні [50].

Раціональне розміщення рослин на площі – для створення оптимальних умов функціонування кореневої системи – є предметом постійної уваги дослідників. Розвиток азотфіксуючих бактерій значною мірою залежить від правильності обраного конкретного агротехнічного прийому при вирощуванні сої [51].

Результатами досліджень встановлено, що залежно від норми висіву і сорту кількість, маса сирих і сухих(0,22-0,64г і 0,10-0,18 г) бульбочок за рядкового способу сівби була більшою, ніж за широкорядного 0,22-0,60 г та 0,10-0,16 г відповідно.

Найбільша маса бульбочок спостерігалася при широкорядному способі сівби, на посівах з міжряддям 30 см вона становила 0,53-0,90 г, або на 20-24 % більше, ніж на контролі при широкорядному способі сівби з шириною міжрядь 45 см [52].

Встановлено, що за ширини міжрядь 45 см та норми висіву 600 тис. шт./га кількість активних бульбочок дослідних сортів була більшою на 1,4-6,5 шт./рослину, порівняно з вузькорядним способом, також збільшувалась сира маса активних бульбочок відповідно на 0,1-0,2 г/рослину. Максимальні показники активного симбіотичного потенціалу 12,85-13,61 тис. кг діб/га були за широкорядного способу сівби та за норми висіву 600 тис. шт./га, що менше на 2,6-3,7 тис. кг діб/га за аналогічної норми висіву при вузькорядному способі сівби [53].

Для формування максимальної врожайності сої важливу роль відіграє оптимальна площа живлення. Відомо, що ширина міжрядь визначає форму площі живлення. Ідеальна площа живлення має наближуватися до форми кола й забезпечується за сівби з шириною міжрядь 15 см. Збільшення ширини міжрядь до 30, 45 см і т. д. призводить до площі живлення, яка має форму прямокутника [42].

Існують суперечливі дані про вплив способів сівби на вміст в насінні сої білку і олії. Одні вчені свідчать, що вони впливають на хімічний склад насіння, інші вважають, що вміст білку і олії мало залежить від способів сівби і норм

висіву.

Наприклад, у дослідах А. В. Черенкова [54], при розміщенні рослин за схемою 70 х 30 см вміст жиру в насінні сої складав 22 %, тоді як при площі живлення майже в 5 разів меншій – відповідно 20,5 %.

За вирощування сої з шириною міжрядь 15 см сорт Діона забезпечував формування в насінні 38,6 % сирого білку, Альянс – 36,9 %, а Аврора – 37,3 %, у той же час як за ширини міжрядь 45 см ці показники були 39,4, 38,4 та 38,3 % відповідно [53].

Хімічний аналіз показав, що вміст білка в зерні сої помітно збільшувався із збільшенням ширини міжрядь. Так, якщо за сівби з шириною міжрядь 15 см вміст білка становив 37,5-37,8 %, то за ширини міжрядь 30 і 45 см відповідно – 37,9-38,1 і 38,3-38,5 %. Накопичення олії в зерні сої відбувалося за зворотною залежністю щодо накопичення білка. За рядкового способу сівби олії накопичувалося в зерні сої на 0,3-1,3 % більше порівняно з черезрядковим і широкорядним посівами [55].

Ширина міжряддя – це важливий фактор, від якого залежить урожайність посівів сої.

Максимальний прояв сортових особливостей за показником врожайності, в середньому за роки досліджень було зафіксовано у ранньостиглого сорту КиВін – 2,96 т/га на варіантах з шириною міжрядь 15 см та другим строком сівби. Широкорядний спосіб сівби виявився оптимальним для середньо ранньостиглого сорту Омега Вінницька – 28,2 т/га при другом строку сівби [56].

На основі проведених експериментів з вивчення норми висіву сої за висівання 0,3 млн./га насінин урожайність за ширини міжрядь 60 см становила 2,12 т/га, а от за ширини міжрядь 30 см - 2,35 т/га, а 15 см - 2,11 т/га [57].

Досліди Інституту кормів НААН із вивчення продуктивності сої сорту Київська 27, залежно від способу сівби, густоти рослин і добрив, показали, що найвищу врожайність 25,3–25,9 ц/га в середньому за п’ять років одержано за суцільного рядкового способу сівби з міжряддями 15 см та стрічкового за

схемою 45+(12,5−12,5) см з густотою рослин 700−800 тис./га і внесення $N_{67}P_{90}K_{90}$. Подальше збільшення густоти не сприяло приросту врожайності насіння [58].

Досліди з вивчення впливу строків, способів сівби та норм висіву насіння на продуктивність сої сорту Валюта показали, що максимальна урожайність була сформована на рівні 2,06 т/га за умов сівби з нормою висіву 500 тис./га насінин та шириною міжрядь 45 см [59].

При проведенні досліджень протягом 2004-2007 рр. в Кіровоградському інституті АПВ, виявлено, що серед способів сівби кращим виявився рядковий з міжряддями 15 см (2,13–2,20 т/га), в таких посівах склалися кращі умови освітленості, водоспоживання, живлення за рахунок більш рівномірного розміщення рослин на площі – оптимальна густота посіву дорівнювала 500 тис. рослин/га [60].

Результати вивчення різної ширини міжрядь на полях Подільського державного аграрно-технічного університету виявили, що найвищу врожайність насіння на рівні 2,13 т/га можна отримати за умов використання способів широкорядної сівби сої [61, 62].

На півдні України, в умовах зрошення, в дослідах Інституту землеробства південного регіону НААН, посіви сої з міжряддями 60, 45 і 45х15 см давали практично однакові врожаї – 2,55–2,62 т/га, а при збільшенні ширини міжрядь до 70 см, урожайність насіння культури зменшувалась на 0,20–0,21 т/га [63].

У дослідженнях вчених Черкаського інституту агропромислового виробництва НААН, в середньому за три роки, кращі результати (19,3 ц/га) отримані у широкорядних посівах з міжряддями 60 см і розміщенні рослин в рядку через 5-7 см [64].

За ширини міжрядь 15 см урожайність сої складала 1,86 т/га. Розширення міжрядь від 15 до 45 см призводило до зменшення урожайності на 17 % [65].

За результатами досліджень Інституту кормів та сільського господарства Поділля виявлено, що за сівби сої з міжряддями 15 см урожайність насіння сої збільшувалася на 0,15-0,20 т/га проти сівби з міжряддями 45 см [42].

Посіви сорту Легенда мали кращі показники рівня врожаю (2,05-2,14 т/га) при суцільному способі сівби з шириною міжрядь 15 см. При вирощуванні сої середньораннього сорту Омега Вінницька суцільним способом з міжряддям 15 см і густотою 400-600 тис. рослин на гектар можна одержати врожайність на рівні 2,35-2,46 т/га. Збільшення ширини міжрядь до 30 або 45 см може забезпечити рівень врожаю – 2,37-2,39 при умові дотримання густоти в 500 тисяч на 1 гектар [50].

При виборі способу сівби варто враховувати витрати на обладнання. Більшість фермерів вважають недоцільним купувати сівалку для вузькорядного способу сівби лише для однієї культури, тому не сіють сою вузькими рядками. Вирішенням цієї проблеми може бути інвестиція в квадратно-гніздову сівалку, яку можна використовувати для кукурудзи та сої, обираючи відповідну міжрядкову відстань для кожної культури [66].

У результаті проведеного огляду літератури установлено, що найкращим є такий спосіб сівби, який у конкретній зоні найбільшою мірою відповідає біологічним особливостям сорту і сприяє найкращому використанню рослинами ґрунтової родючості, вологи та світла. Також ширина міжрядь залежить від наявності посівної та збиральної техніки. Варто зазначити, що загалом нинішні тенденції використання способу сівби сої мають розвиток в бік звуження ширини міжрядь при сівбі сої і якраз саме це формує необхідність продовження вивчення способів сівби сої в умовах Лісостепу України.

Висновки до розділу 1

Під час вирощування сої майже половина успіху залежить від вірного вибору сорту сої. Поява нових високопродуктивних сортів сої дозволила не лише розширити ареал вирощування культури, а й отримувати високий врожай. Впровадження та поширення сортів суттєво залежить від їхніх біологічних особливостей та умов довкілля. Тому кожний сорт потрібно вирощувати в тому регіоні або поясі, де проявляється найвища реалізація біологічного і генетичного потенціалу його продуктивності.

У результаті проведеного огляду літератури установлено, що найкращим є такий спосіб сівби, який у конкретній зоні найбільшою мірою відповідає біологічним особливостям сорту і сприяє найкращому використанню рослинами ґрунтової вологи, поживних речовин та світла. Також ширина міжрядь залежить від наявності посівної та збиральної техніки. З появою сортів сої із морфобіологічною структурою, що характеризує утворення гілок першого порядку виникає необхідність більш детального дослідження їхнього просторового і кількісного розміщення на одиниці площі. Тому дослідження цих чинників у сортів сої вітчизняної селекції є актуальним і дозволить не тільки удосконалити сортові технології вирощування, але і дозволить встановити реакцію рослин на способи сівби в умовах регіону.

РОЗДІЛ 2. АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Переважна частина території України характеризується сприятливими умовами для вирощування сої, але навіть у відносно сприятливих районах на неї періодично здійснюють негативний вплив екстремальні погодні умови.

В Україні посіви сої раніше розміщувалися в зоні Степу, тепер вони перемістилися в зону Лісостепу, поширилися навіть у Поліссі та Західному регіоні, де раніше сою не вирощували [67].

З усіх факторів клімату, вирішальне значення для росту і розвитку рослин сої мають умови тепло- і вологозабезпеченості. Ці умови впливають на її рослини не лише безпосередньо, але й через обумовлені ними фізико-хімічні та мікробіологічні процеси, що відбуваються в ґрунті [68]. Дольова участь гідротермічних умов у формуванні величини і якості врожаю знаходиться в інтервалі від 15 до 25% [69].

Лісостеп характеризується значною різноманітністю природних умов, що визначаються неоднорідністю геолого-геоморфологічної будови і особливостями клімату. Проте, біокліматичний потенціал цієї зони достатній для реалізації потенційної продуктивності сортів сої.

2.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов Лісостепової зони.

Зона Лісостепу простягається смугою понад 1 тис. км від Карпат до східних кордонів України. Загальна площа її становить понад 20,1 млн. га, або 33,6% території держави. Порівняно м’яка зима, помірно вологе й тепле літо та родючі ґрунти створюють найсприятливіші в Україні умови для одержання високих і сталих урожаїв майже всіх тепло- і вологолюбних культур [70].

Лісостеп друга за площею (після Степу) природно-географічна зона. Вона має високопродуктивні сільськогосподарські угіддя, високу розораність земель, значну лісистість, обмежену площу природних сіножатей і пасовищ.

Лісостепова зона розташована між Поліссям і Степом, в її північній частині відчувається більший вплив природних компонентів, типових для зони лісів, а на півдні посилюється вплив чинників, властивих степовій зоні.

Річний радіаційний баланс у лісостеповій зоні становить 1800-1850 МДж/м кв. У межах Лісостепу простежуються деякі кліматичні відмінності з північного заходу на схід і південний схід. Річна температура повітря на заході лісостепової зони становить +7,4°С, а на сході +6,7°С. Як бачимо, пересічна річна температура повітря в східному напрямі поступово знижується. Досить помітними є також зміни цього показника між північними і південними частинами зони. У східних районах випадає значно менше опадів (близько 450 мм), ніж у західних (до 750 мм) [71].

Лісостепова зона - це природна зона помірного поясу, для якої характерне чергування лісової та степової рослинності. Ґрунти формуються за умов несталого зволоження, за яких підзолистий процес ґрунтоутворення поєднується з дерновим. Найпоширенішими ґрунтами в зоні є чорноземи та сірі опідзолені. Маючи високу природну родючість, вони є основними об'єктом сільськогосподарського використання. Ґрунти інших типів (солонцюваті, болотні і підзолисті) займають незначні площі. Чорноземи характеризуються диференціацією профілю, сприятливою для розвитку рослин, слабокислою або нейтральною реакцією ґрунтового розчину, добрими фізичними властивостями, високим вмістом поживних речовин [72].

За вмістом гумусу чорноземні ґрунти поділяють на малогумусні (3-5 %) і середньогумусні (понад 6 %). У південній смузі переважають чорноземи типові.

Чорноземи є головною ґрунтовою відміною Лівобережного Лісостепу України, а в Правобережному більші площі займають сірі лісові ґрунти з кислою реакцією. Серед них поширені світло-сірі, темно-сірі і чорноземи опідзолені.

В Лісостепу поширені реградовані темно-сірі опідзолені ґрунти, чорноземи опідзолені. Серед них переважають легко- і середньосуглинкові. Внаслідок процесу реградації в цих ґрунтах підвищилась лінія залягання

карбонатів. Також поширені лучні ґрунти переважно в зниженнях з високим рівнем підґрунтових вод. За гранулометричним складом переважають середньо- і легкосуглинкові ґрунти. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної або слаболужної [72].

Дослідження проводились на дослідних полях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, які розміщені в північній провінції Лісостепу правобережного (Вінницький район, Вінницька область).

Вінницька область, де проводили дослідження, займає майже 4,5 % території України і характеризується помірно теплим і вологим кліматом. За даними гідротермічний коефіцієнт (ГТК) 1,7-1,8. Опадів за рік випадає 534-540 мм. Із цієї суми близько 70 % опадів припадає на теплий період року і 30 % на холодний. Середньорічна температура повітря коливається між +6,5°- +8° С, відносна вологість повітря - 65%. Середня величина радіаційного балансу у Вінницькій області змінюється від 1800 МДж/м^2 на півночі до 2000 МДж/м^2 на півдні [73].

Земельний фонд області складає 2649,29 тис. га, територія суші становить 2605,8 тис.га, або 98,4 % від загальної площі області. Дві третини (2014,5 тис. га) території зайнята сільськогосподарськими землями, під лісами та іншими лісовкритими площами – 14,3 %, забудовані землі займають 4,1 %, болота – 1,1 %, інші землі (господарські двори, дороги, піски, яри, кам’янисті місця тощо) – 2,81 %.

Унікальним інвестиційним потенціалом Вінницького регіону є земельний фонд: область має понад 1,8 млн га сільськогосподарських угідь, з них 1,7 млн га ріллі [74].

Ґрунти в основному опідзолені (близько 65 %). На північному сході області переважають чорноземи, в центральній частині - сірі, темно-сірі, світло-сірі, на південному-сході - чорноземи і опідзолені ґрунти. Більш 70 % території області зорано [73].

Щодо ступеня родючості основних ґрунтів Вінниччини, то в опідзолених і реградованих ґрунтах, які займають майже три чверті площі, вміст гумусу не

перевищує 3 %. Зокрема, у ясно-сірих та сірих опідзолених він сягає 2 %, причому спостерігається тенденція до його зменшення [75].

Вінниччина – один з найважливіших аграрних регіонів України, де виробляється 8,4 % валової продукції сільського господарства держави, у тому числі продукції рослинництва – 7,3 %, тваринництва – 12,5 % [74]. За рівнем виробництва продукції сільського господарства Вінницька область у 2023 році зайняла перше місце в країні.

2.2 Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки.

Дослідження проводили протягом 2022-2024 рр. в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН, що знаходиться у Вінницькому районі і відноситься до підзони Лісостепу правобережного Лісостепової зони України.

Територія дослідного поля згідно з геоморфологічним районуванням належить до Придніпровської височини, має рівнинний рельєф, що характеризується незначним підняттям над рівнем моря.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений сірими лісовими ґрунтами. За морфологічними ознаками вони займають проміжне місце між ясно- і темно-сірими ґрунтами. За механічним складом - середньосуглинкові Характеризуються середнім вмістом гумусу 1,96 % в орному шарі грунту, слабокислою реакцією грунтового розчину pH (сол.) 5,1, гідролітичною кислотністю в межах 1,86-2,16 мг - екв/100г грунту. При ступені насиченості основами 75-80 % сума вбирних основ складає 18,8-30,1 мг-екв/100 г грунту. Щільність складає 1,32 г/см^3. Змив ґрунтів майже відсутній. Зволоження ґрунту відбувається за рахунок атмосферних опадів, рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині 10 – 15 м. Недоліком цього типу ґрунтів є схильність до запливання та утворення ґрунтової кірки.

Вміст легкогідролізованого азоту низький – 16,8 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору (за Чіріковим) підвищений – 159,0 мг/кг, обмінного калію (за Чіріковим) підвищений – 107,0 мг/кг.

Тип сірих лісових ґрунтів характеризується слідуючою будовою профілю. У верхній частині виділяється гумусовий шар, забарвлення якого змінюється від світло-сірого до темно-сірого, в залежності від вмісту гумусу. Гумусовий шар помітно розподілений на 2 горизонти – верхня частина з найбільш інтенсивним забарвленням і нижня частина – гумусово-опідзолений. Далі слідує перехідний горизонт. Нижче залягає ілювіальний горизонт, який поступово переходить в породу [76].

У формуванні профілю сірих лісових ґрунтів, крім процесу опідзолення, беруть участь також поцеси лесиважу та внутрішньоґрунтового вивітрювання [76].

Загалом фізико-хімічні властивості ґрунту дослідної ділянки є притаманними для цього різновиду ґрунтів, що зустрічається на території області. Забезпечують нормальний перебіг ґрунтових процесів та розвитку кореневої системи рослин. Отже, сірі лісові грунти є прийнятними для вирощування та отримання високого рівня врожайності сільськогосподарських культур, в тому числі сої.

2.3 Оцінка гідротермічних умов у роки проведення досліджень.

Соя (Glycine hispida (L.) є чи не найвибагливішою сільськогосподарською культурою, які вирощуються в регіоні, за відношенням до гідротермічних умов. Варіабельність впрожайності культури у світі, що спостерігається протягом останніх років, оцінюється в 32-39 %, в основному є результатом мінливості клімату та його компонентів [77].

Для нормального росту і розвитку вона потребує значної кількості тепла. Сума ефективних температур за вегетаційний період сої становить від 1700 до 2000 °С для ранніх сортів і 2800-3300 °С для середньоранніх та середньостиглих. Оптимальна температура проростання насіння – 12‑ 14 °С. При зниженні її до 15°С і нижче розвиток рослин затримується. Значної кількості тепла соя потребує у фази цвітіння, утворення бобів і формування

насіння. Для інтенсивного росту їй необхідні високі температури, але не вище 30–32 °С [78].

Соя достатньо посухостійка на початку росту, при перезволоженні, сильно пригнічується азотофіксуюча діяльність бульбочкових бактерій. Культура більш вимоглива до вологи у фазі цвітіння, утворення бобів і наливу насіння. У ці фази оптимальна вологість ґрунту повинна становити 70–80% [78]. Цей період у сої є критичним щодо вологи.

За агрокліматичними показниками регіон Правобережного Лісостепу України, в якому проводились польові дослідження, відноситься до зони з м'яким помірно-континентальним кліматом. Проте спостерігається нестабільність кліматичних умов з року в рік, тобто вологі роки можуть змінюватися на посушливі, і навпаки.

Згідно з даними агрометеорологічних спостережень основні показники гідротермічних умов при проведенні досліджень були близькими до середніх багаторічних даних, але виявлено і суттєві відхилення, що відобразились на продукційному процесі рослин сої.

Вегетаційний період сої в 2022 році був добре забезпечений теплом та вологою в порівнянні з середньобагаторічними показниками. У травні місяці, період сівба-повні сходи, середня температура повітря 14,7°С знаходилася в межах норми (табл. 2. 1). Опадів випало лише 38,0 мм, тоді як середній показник складає 54,0 мм. Проте це все ж було достатнім для проростання насіння та появи сходів сої.

Погодні умови червня сприяли своєчасному проходженню рослинами сої фенологічних фаз росту та розвитку. Середньодобова температура повітря місяця значно перевищувала норму на 1,8 °С та становила 20,0 °С. Такий температурний режим повітря був досить сприятливим для формування генеративних органів у сої. Червень також відзначився рясними дощами, кількість опадів становила 124,0 мм та на 43 % перевищувала багаторічний показник 87 мм.

Липень – основний місяць росту і розвитку рослин сої та формування її

генеративних органів, відмічався температурою повітря до 20,0 °С, що дорівнювала середньобагаторічній. Опадів, як і в попередній місяць, випало достатньо, на 8 мм більше за норму. Такі погодні умови сприяли інтенсивному проходженню фаз розвитку рослин сої.

Таблиця 2.1

Середньодобова температура повітря (°С) та кількість опадів (мм) протягом вегетаційного періоду сої (2022-2024 рр.)

Місяць	Декади	Температура повітря, °С				Опади, мм			
		2022	2023	2024	Середньо-багаторічна	2022	2023	2024	Середньо-багаторічна
Травень	I	12,9	11,4	15,0	13,3	0,0	6,0	0,9	13,0
	II	15,3	16,2	13,2	14,9	0,0	10,5	0,0	18,0
	III	15,6	18,2	18,9	16,0	38,0	0,3	22,5	23,
За місяць		**14,7**	**15,4**	**15,7**	**14,7**	**38,0**	**16,8**	**23,4**	**54,0**
Червень	I	19,6	18,5	20,7	17,3	33,0	10,0	46,9	26,0
	II	19,4	18,8	20,1	18,7	17,0	42,8	26,5	26,0
	III	20,9	20,5	22,1	18,7	74,0	21,9	6,7	35,0
За місяць		**20,0**	**19,3**	**21,0**	**18,2**	**124,0**	**74,4**	**80,1**	**87,0**
Липень	I	21,5	21,5	23,2	19,4	21,0	36,3	30,2	27,0
	II	17,7	21,7	27,1	19,7	27,0	3,1	22,2	23,0
	III	20,9	20,7	21,0	20,8	33,0	25,5	5,4	23,0
За місяць		**20,0**	**21,3**	**23,7**	**20,0**	**81,0**	**64,9**	**57,8**	**73,0**
Серпень	I	19,8	21,7	21,2	20,6	47,0	16,6	29,9	18,0
	II	20,4	22,5	22,1	19,6	80,0	0,0	2,9	15,0
	III	22,1	23,9	23,1	18,1	0,0	14,9	0,0	22,0
За місяць		**20,8**	**22,8**	**22,1**	**19,4**	**127,0**	**31,5**	**32,8**	**55,0**
Вересень	I	14,0	17,1	20,5	15,7	0,0	28,2	1,6	23,0
	II	12,8	17,9	18,6	14,3	83,0	3,3	19,5	21,0
	III	11,4	18,4	17,3	12,2	13,0	1,6	9,0	17,0
За місяць		**12,7**	**17,8**	**18,8**	**14,1**	**96,0**	**33,1**	**30,1**	**61,0**
Травень-вересень		**17,6**	**19,3**	**20,3**	**17,3**	**466,0**	**220,9**	**224,2**	**330,0**

Серпень – період формування і дозрівання насіння сої, був також теплим з температурою повітря – 20,8 °С, що більше на 1,4 °С при середній багаторічній температурі 19,4 °С. Кількість опадів протягом даного місяця 127,0 мм, особливо у першій та другій декаді, була найбільшою за всю вегетацію рослин та перевищувала багаторічні показники в 2,3 рази.

Температура повітря вересня була низькою та становила 12,7 °С, що

менше порівняно з нормою на 1,4°С. Велика кількість опадів упродовж вересня 96,0 мм при середньобагаторічній нормі 61,0 мм, негативно вплинула на рівномірність дозрівання насіння, а також на проведення збирання врожаю.

Вегетаційний період 2022 року, в цілому, був сприятливий за гідротермічними умовами. Середньодобова температура протягом вегетації майже не відрізнялась від багаторічних показників та становила 17,6°С. Кількість опадів, дещо перевищила середньобагаторічні показники, становила 466,0 мм, проте такі гідротермічні умови були оптимальними для формування високопродуктивного агробіоценозу сої.

Період вегетації сої у 2023 році характеризувався високими середньодобовими температурами та різким контрастом умов зволоження.

Травень місяць відзначався жаркою і сухою погодою. Середньодобова температура перевищувала норму на 0,7 °С і становила 15,4 °С, при кількості опадів лише 16,8 мм, що менше на 37,2 мм від середнього багаторічного показника. Такі умови негативно впливали на появу сходів та ріст і розвиток рослин у початкові фази.

Нестійкі метеорологічні умови травня дещо компенсував червень місяць, спостерігалась підвищена температура повітря – 19,3 °С порівняно з 18,2 °С за багаторічними даними і опадами 74,4 мм, що менше лише на 12,6 мм від норми. Така кількість опадів та температура повітря сприяла росту та розвитку рослин, закладці генеративних органів та функціонуванню симбіотичного апарату.

У липні місяці, на який припав на період цвітіння сої, температура повітря становила 21,3 °С, що на 1,3 °С перевищувало багаторічний показник. Опади випадали нерівномірно: в І декаді випало 36,3 мм, в ІІ – 3,1, в ІІІ – 25,5 мм. За весь період випало 64,3, мм опадів, що майже дорівнювало середньому багаторічному показнику (73 мм). Таким чином, такі погодні умови дещо пришвидшили проходження фази цвітіння сої.

У серпні відбувалось наливання насіння сої, температура повітря складала 22,8 °С за середньобагаторічної 19,4 °С, кількість опадів була становила 31,5 мм за норми 55,0 мм. Нестача опадів на тлі підвищеного

температурного режиму негативно позначилася на основних показниках структури врожаю.

Вересень був аномально теплим: за багаторічної середньодобової температури 14,1 °С його середньодобове значення становило 17,8°С. Поточний місяць також характеризувався дефіцитом опадів 33,1 мм за середньобагаторічної норми 61,0 мм. Суттєві опади 28,2 мм спостерігались лише в першій декаді місяця та мали зливовий характер. В подальшому відсутність опадів сприяла достиганню та вчасному збиранню врожаю.

Гідротермічні умови вегетаційного періоду 2023 р. були специфічними і не досить сприятливими для початкових фаз росту рослин сої. За вегетацію випало 220,9 мм опадів, окремі періоди за кількістю опадів, різко відрізнялись від середніх багаторічних показників. Середньодобова температура перевищувала середні багаторічні показники за травень-вересень на 2,0 ^{o}С, що призводило до утворення посухи, особливо в другій половині вегетаційного періоду.

У 2024 році квітень, як основний передпосівний для сої місяць, був теплим і з достатньою кількістю опадів, що дозволило провести сівбу досліджуваних сортів сої 2 травня. Оптимальні погодні умови травня, температура повітря становила 15,7 °С при багаторічному показнику 14,7 °С, кількість опадів – 23,4 мм при нормі 54,0 мм, та запаси вологи з квітня сприяли появі дружних і рівномірних сходів.

Сприятливим для росту і розвитку сої був червень місяць. Температура повітря становила 21,0°С та перевищувала середньобагаторічну на 2,8°С. Опадів за цей місяць випало 92,0 % від норми, тобто 80,1 мм, що позитивно впливало на проходження фенологічних фаз росту і розвитку сої.

Липень характеризувався, як аномально теплий місяць з температурою повітря 23,7 °С, що на 3,7 °С більше норми. Найбільш спекотною виявилась друга декада, середньодобова температура була вищою за норму на 7,4°С, подекуди вона підвищувалася до 50,0-68,0 °С. В подальшому спостерігалось пониження температурного режиму. Опади випадали теж не рівномірно. У

першій декаді спостерігалось перевищення норми на 3,2 мм, у другій та третій декадах інтенсивність опадів зменшилась на 0,8 та 17,6 мм порівняно з багаторічним показником. Загальна кількість опадів упродовж липня становила 57,8 мм, що дорівнювало 79,0 % багаторічного показника (73,0 мм). Такі погодні умови негативно впливали на проходження фаз цвітіння та формування бобів на рослинах сої.

Серпень – період наливу зерна – був спекотним за температурним режимом місяцем. Середня місячна температура повітря становила 22,1 °С, що на 2,7 °С вище середніх багаторічних показників. Незначні опади спостерігались лише у першій і другій декаді місяця, їх кількість становила 32,8 мм або 60 % місячної норми.

Вересень характеризувався також теплою та посушливою погодою. Протягом місяця середньодобова температура повітря становила 18,8 ^{o}С, що на 4,7 ^{o}С більше від середньо багаторічної норми. Кількість опадів складала 30,1 мм, що на 30,9 мм менше за середній багаторічний показник. Такі погодні умови позитивно вплинули на рівномірність дозрівання зерна та проведення збирання врожаю.

Вегетаційний період (травень-вересень) характеризувався високими середньодобовими температурами 20,3 °С за норми 17,3 °С і сумою опадів 224,2 мм при середньому багаторічному показнику 330 мм. Кількість опадів протягом вегетаційного періоду була недостатньою, проте їх випадання відбувалось у критичні фази росту та розвитку рослин, що позитивно вплинуло на формування майбутнього урожаю.

На рис. 2.1 наведено коефіцієнт істотності відхилень погодних умов за сумою опадів і середньомісячної температури повітря від їх багаторічної норми (Кі), який виконує роль критерію адекватності фактичних величин показників погоди у роки проведення досліджень їх багаторічній нормі, тобто критерію типовості [79].

Рівень коефіцієнта суттєвості (істотності) відхилень відповідає градації: КС =0- 1 - умови, близькі до звичайних; КС = 1-2 - умови істотно відрізняються

від середніх багаторічних; КС >2 - умови, наближені до екстремальних.

Вегетаційний період сої 2022 року характеризувався незначним рівнем коефіцієнта суттєвості відхилень середньомісячної температури повітря у травні та липні – 0 та істотним перевищенням у літні місяці червні та серпні ($К_і$ – 1,5 та $К_і$ – 1,2). У вересні спостерігалось зниження середньодобової температури, $К_і$ становив -1,2, таке значення вважається істотним відхиленням температурного режиму. За оцінкою місячних коливань кількості опадів, травень місяць мав тенденцію до зменшення кількості опадів $К_і$ – -0,4, умови вологозабезпеченості у червні та липні були близькими до багаторічних Кі становив 0,9 та 0,2.

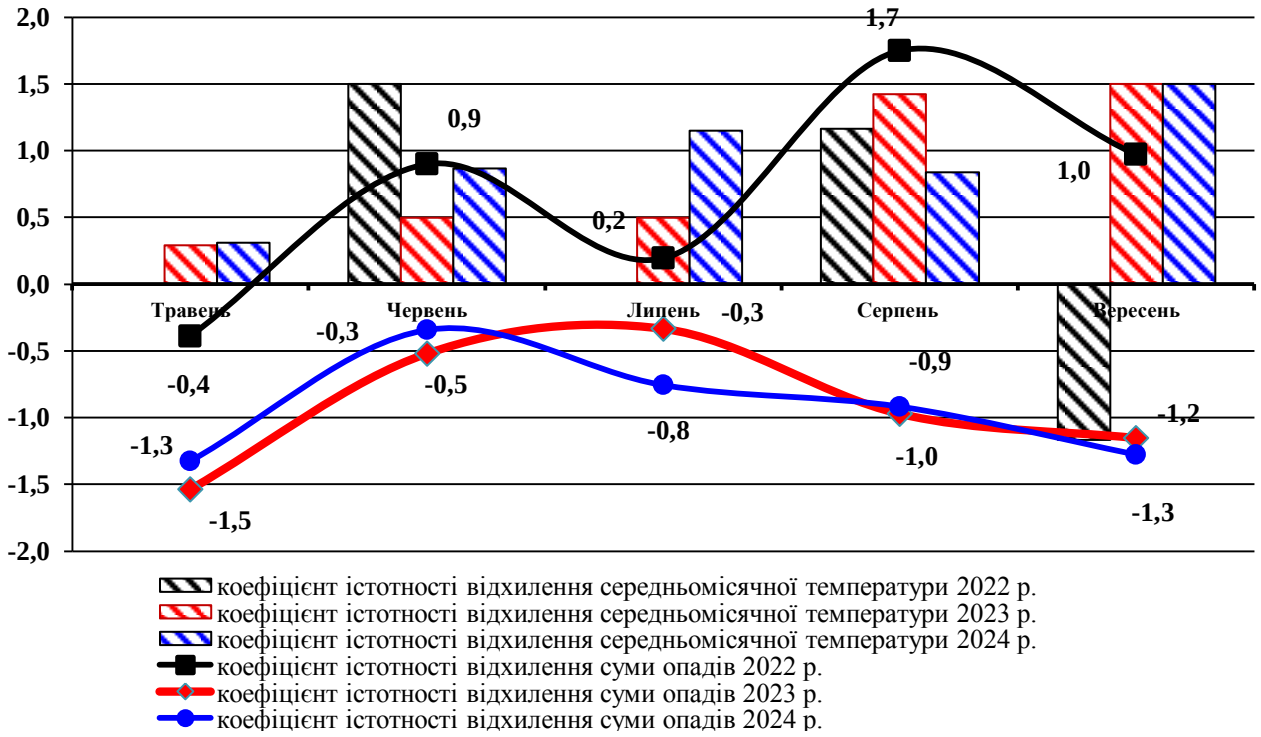


Рис. 2.1. Коефіцієнти істотності відхилень погодних умов за сумою опадів і середньомісячної температури повітря від їх багаторічної норми, 2022-2024 рр.

Істотні відхилення у бік збільшення суми опадів мав серпень та вересень місяць $К_і$ –1,7 та $К_і$ –1,0.

При оцінці коефіцієнта істотності відхилень погодних умов за сумою опадів протягом вегетаційного періоду сої у 2023 році, встановлено істотні відхилення в бік зменшення опадів у травні місяці $К_і$ – -1,5, серпні $К_і$ – -1,0 і

вересні $К_і$ – -1,2 та дещо менші у червні $К_і$ – -0,5 та липні $К_і$ – -0,3. Коефіцієнт суттєвості відхилень середньомісячної температури повітря з травня по липень був не істотним та становив $К_і$ –0,3-0,5. Тоді як у серпні та вересні місяці спостерігались істотні відхилення у бік збільшення температури, коефіцієнт відповідно становив $К_і$ –1,4 та $К_і$ –1,5.

Середньомісячні температури повітря протягом 2024 р. порівняно з нормами, зросли від 0,3 (травень) до 1,5 ºС (вересень). Найбільшими значеннями відхилення від норми характеризувалися середні температури таких місяців як липень – 1,1 та вересень – 1,5 (рис. 2.1). Відхилення середньомісячних температур від кліматичної норми мало місце у всі місяці. Досліджуваний період також характеризувався значними коливаннями опадів відносно норми у бік зменшення: у травні, вересні, та серпні фіксувалося їх зменшення відносно норми коефіцієнт становив -1,3 та -1,0, а протягом інших місяців (червень, липень) кількість опадів була дещо більшою, коефіцієнт дорівнював -0,5 та -0,8.

За отриманими значеннями коефіцієнту суттєвості відхилень температури повітря за досліджуваний період 2022-2024 рр. встановлено, що 53,3 % місяців мали умови, близькі до звичайних (Кс<1); умови 46,7 % місяців характеризувалися умовами, що істотно відрізнялися від середніх багаторічних. За розрахованим коефіцієнтом суттєвості відхилень кількості опадів у розрізі досліджуваних років умови 53,3 % місяців були близькими до багаторічних, істотні відхилення в бік зменшення опадів мали 33,3 % місяців, 26,7 % місяців мали відхилення в бік збільшення опадів.

Отже, погодні умови протягом вегетаційного періоду досліджуваних років відзначалися високою строкатістю і відмінністю від середньо-багаторічних показників. Періоди з надмірною кількістю опадів змінювали періоди з посушливістю, що у цілому впливало на ріст й розвиток рослин сої. Тому, аналіз помісячних коливань окремих метеорологічних елементів дозволяє виявити реакцію сільськогосподарських культур на зміни, викликані ними.

2.4 Методика та методи проведення польових і лабораторних досліджень.

Особливості формування продуктивності сої залежно від технологічних прийомів в умовах правобережного Лісостепу України вивчали в польовому досліді протягом 2022-2024 рр. згідно з методикою проведення польового досліду. Дані дослідження було закладено на дослідному полі лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН.

Дослідженнями передбачалось вивчення дії та взаємодії двох факторів: А – сорт; В – спосіб сівби.

Схема досліду 1

Фактор А – сорт

1. Титан
2. Паллада
3. Кобуко

Фактор В – способи сівби

1. Рядковий з шириною міжрядь 15 см
2. Рядковий з шириною міжрядь 30 см
3. Широкорядний з шириною міжрядь 45 см

Градація факторів становила 3х3. Повторність досліду чотириразова. Розміщення варіантів систематичне у два яруси. Площа облікової ділянки 25 $м^2$.

Також проводився модельний дослід для вивчення конкурентних взаємовідносин між рослинами сої, схема якого передбачала сівбу променевим способом, запропонованим J. A. Nedler [80] і описаним W. G. Duncan [81] та D. B. Egli [82] (рис.2.2). Враховуючи здатність новостворених сортів вітчизняної селекції підвищувати урожайність при звуженні міжрядь, оптимізації мінерального живлення та збільшенні густоти рослин на одиницю площі, вченими А.О. Бабичем і В.Ф. Петриченком [83] було запропоновано модифікацію модельного досліду. Дослід закладали таким чином, щоб площа

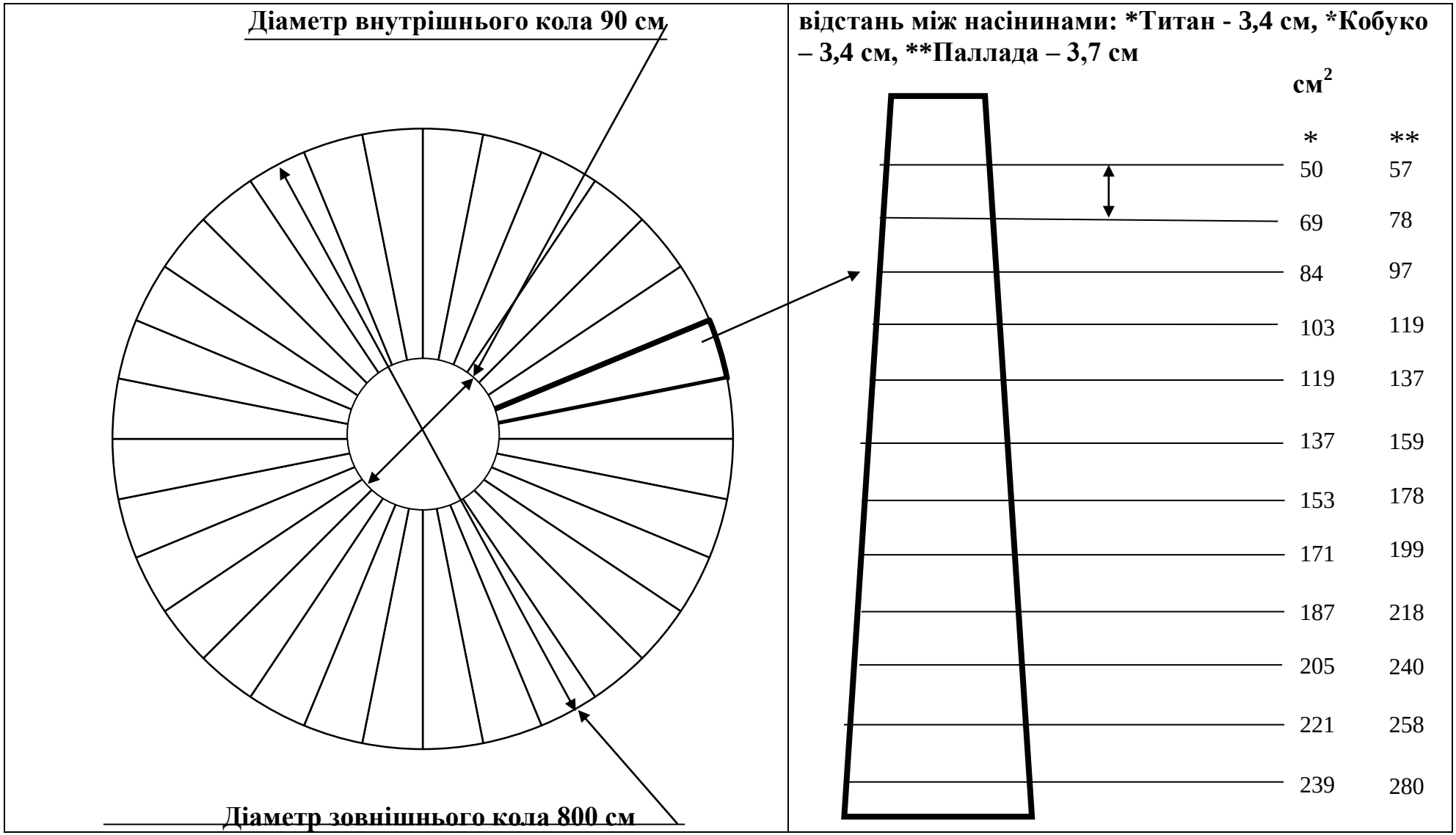
живлення однієї рослини поступово зростала у міру її віддалення від центра кола. Такий метод проведення досліджень дає можливість оцінити великий набір густот сортів сої, що вивчаються у широкому діапазоні на порівняно невеликій дослідній ділянці. Для усунення згубної дії перших рослин одна на одну в сусідніх променях, які відходять від центру кола та створення однакових умов для рослин, що вивчаються в варіантах, та підвищення достовірності отриманих результатів досліджень, в центрі великого кола робити ще одне коло, діаметр якого рівний ширині міжряддя існуючих технологій вирощування в регіоні. В наших дослідженнях вона становила 45 см. Кількість променів складала 32 шт. Кожна рослина виступала як окремий варіант. Повторність досліду 32 разова. За контроль брали рослини, віддаль між променями яких складає 45 см, аналогічно існуючих технологій, відстань між рослинами у промені складала 3,4 та 3,7 см.

Дослідження проводили із рекомендованими для зони Лісостепу сортами сої.

Сорт Титан внесений в державний реєстр в 2021 році. Тривалість періоду вегетації складає 105 - 114 діб. Висота рослини - 66,7 - 80,6 см. Тип росту рослини – детермінантний. В насінні міститься 40-42 % білку і 20-22 % олії. Сорт рекомендується для вирощування в північному степі, лісостепових та поліських районах України в основних посівах.

Сорт Паллада внесений в державний реєстр в 2020 році. Тривалість періоду вегетації складає 112 – 123 діб. Висота рослини - 92,6 - 104,3 см. Тип росту рослини – напівдетермінантний. Вміст протеїну в насінні сої сорту Паллада - 37,4-39,0 %, олії - 21,7-26,9 %.

Сорт Кобуко внесений в державний реєстр в 2023 році. Тривалість періоду вегетації складає 108 - 119 діб. Висота рослини - 65,8 - 90,5 см. Тип росту рослини – напівдетермінантний. В насінні міститься 37,3-39,0 % білку і 22,3-22,9 % олії. Сорт рекомендується для вирощування в степових, лісостепових та поліських районах України в основних посівах [84].



*Титан, *Кобуко, **Паллада

Рис. 2.2. Схема розміщення рослин в модельному досліді та площі їх живлення

53

Попередник – багаторічні злакові трави. Система удобрення передбачала внесення $N_{37}P_{16}K_{16}S_{14}$ (100 кг за фізичною вагою сульфат амонію + 100 кг за фізичною вагою нітроамофоски. Проводили протруєння насіння за 14 діб до сівби протруйником Максим XL 035 FS (1 л/т насіння).

Інокуляцію проводили за день до сівби препаратом Мікофренд 1,0 л/га та Органік баланс 1,5 л/га баланс сільськогосподарського призначення сертифікованого в Україні.

Мікофренд – склад: мікоризоутворюючі гриби: Glomus VS, Trichoderma Harzianum; мікроорганізми, що підтримують утворення мікоризи та ризосфери рослин: Streptomyces sp., Pseudomonas Fluorescens; фосфатмобілізуючі бактерії: Bacillius Megaterium var. phosphaticum, Bacillus Subtilis, Bacillus Muciloginosus, Enterobac- ter sp, загальне число життєздатних клітин (1,0 – 1,5)×108 КУО/мл; біологічно активні речовини: фітогормони, вітаміни, амінокислоти [85].

Органік баланс – склад: живі бактерії: азотфіксуючі – забезпечують рослини азотом; фосфор- та калій мобілізуючі – перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для рослин форми; компоненти поживного середовища (макро-, мікроелементи та органічні джерела живлення). Загальне число життєздатних мікроорганізмів продуцентів не менше 1,0х109 КУО/см^3[85].

Сівбу сої проводили у першій декаді травня сівалкою СН-16, при рівні термічного режиму в грунті на глибині 10 см 12^{o}С, з загортанням його на глибину 3 см.

При догляді за посівами сої було застосовано ґрунтову систему захисту, яка передбачала внесення гербіцидів Промекс (діюча речовина - прометрин, 500 г/л) у нормі 2,2 л/га та Пледж (діюча речовина - флуміоксазин, 500 г/л) у нормі 120 г/га безпосередньо після сівби. Також використовувалася страхова система захисту від дводольних та злакових бур’янів, що включала обробку препаратами Сакано, РК (діюча речовина - бентазон, 480 г/л) у дозі 2,5 л/га та Кайман (діючі речовини - хізалофоп-П-етил, 60 г/л і клетодим, 120 г/л) у нормі 1,2 л/га.

Упродовж вегетаційного періоду для боротьби з хворобами посіви сої

обробляли фунгіцидом Док-Про (діючі речовини - цимоксаніл, 300 г/кг та міклобутаніл, 200 г/кг) у нормі 0,5 кг/га. Для захисту від шкідників застосовували інсектицид Піризокс (діючі речовини - гексітіазокс, 140 г/кг та піридабен, 300 г/кг) у дозі 0,35 кг/га. У фазі цвітіння також проводилося позакореневе підживлення комплексними рідкими добривами: препаратом «Розумний азот» (азот повільного вивільнення - 220 г/л та азот швидкої дії – 120 г/л) у дозі 2,0 л/га, у поєднанні з SEACTIV GOLD (екстракт морських водоростей, вміст бору - 5,7 %, молібдену - 0,35 % та комплекс SEACTIV) у нормі 1,0 л/га.

Дослідження, обліки та спостереження проводилися згідно широкоапробованих методик в рослинництві. Протягом досліджень проводились наступні спостереження:

– фенологічні спостереження за ростом і розвитком сої проводили відповідно до «Методики проведення досліджень по кормовиробництву» [86], «Основ наукових досліджень в агрономії» [87]. Відмічали фази росту рослин: бутонізація, повне цвітіння, кінець цвітіння, повний налив насіння, фізіологічна стиглість За початок фази приймали наявність її не менше як у 10 % рослин, за повну – у 75 % рослин;

– висоту рослин визначали шляхом заміру на закріплених кілочками 25 рослинах у триразовій повторності на двох несуміжних повтореннях [87];

– оцінку фотосинтетичної діяльності проводили за такими показниками: площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал (ФП), чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) фотосинтетична активна радіація (ФАР) [87, 88]:

– площу листкової поверхні визначали у відповідні фази росту і розвитку рослин методом «висічок» і розраховували за формулою:

$$П = \frac{МП_1К}{M_1}, \text{ де} \qquad (2.1.)$$

П – площа листкової поверхні, тис. м2/га; М – маса листків в пробі, г; П1 – площа однієї висічки, см^2; К – число висічок; М1 – маса висічок, г;

– фотосинтетичний потенціал рослин сої (ФП) розраховували за формулою:

$$ФП = \frac{[(Л_1 + Л_2) \times T_1 + (Л_2 + Л_3) \times T_2 ..]}{2}, \text{ де} \qquad (2.2.)$$

ФП – фотосинтетичний потенціал, млн м2 дн./га; Л1+Л2 – сума площі листків за періодами в тис. м2/га; Т1, Т2 тривалість роботи листків, дн.;

– чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), визначали за формулою:

$$ЧПФ = \frac{B_2 - B_1}{\frac{Л_1 + Л_2}{2} \cdot T}, \text{ де} \qquad (2.3.)$$

– визначення кількості хлорофілу у тканинах листя проводили методом спиртової витяжки, а їх концентрацію визначали на кондиційному електрофотоколориметрі (КФК-2) [89].

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м^2 за добу; В1, В2 – маса сухої речовини з 1 м^2 на початку та наприкінці облікованого проміжку часу, г; Л1, Л2 – площа листкової поверхні з 1 м^2 на початку та наприкінці облікованого проміжку часу, м^2; Т – кількість днів між першим та другим визначенням;

– використання рослинами ФАР визначали за формулою:

$$К = \frac{MxP}{Q_{ФАР}} x100 \text{ ,де} \qquad (2.4.)$$

К – коефіцієнт використання ФАР, %; М – маса сухої речовини, яка накопичена посівами за вегетацію, кг/га; Р – калорійність рослин, кКал/кг; Qфар – надходження ФАР за вегетацію, млрд. кКал. на 1 га;

– інтенсивність накопичення органічної сухої речовини визначали ваговим методом за основними фазами росту рослин сої, шляхом висушування паралельних наважок до постійної її маси при температурі 105 °С за формулою,%:

$$С_р = \frac{100 \times M_2}{M_1}, \text{ де} \qquad (2.5.)$$

M_1 та M_2 – маси відповідно сирого і висушеного зразків, г. З подальшим

перерахунком у т/га;

– оцінку роботи симбіотичного апарату визначали згідно методики за такими показниками [86]:

– загальна кількість та маса бульбочок;

– кількість активних та маса активних бульбочок (метод монолітів)

– загальний симбіотичний потенціал (ЗСП), який розраховували за формулою:

$$ЗСП = \frac{M_1 + M_2}{2} \cdot T, \text{ де} \qquad (2.6.)$$

ЗСП – загальний симбіотичний потенціал, тис. кг дн./га; M_1, M_2 – загальна середня маса бульбочок за період часу, кг/га, Т – період між двома сусідніми строками визначення, діб;

- активний симбіотичний потенціал (АСП), який розраховували за формулою:

$$АСП = \frac{M_1 + M_2}{2} \cdot T, \text{ де} \qquad (2.7.)$$

АСП – активний симбіотичний потенціал, тис. кг дн./га; M_1, M_2 – середня маса бульбочок із леггемоглобіном за період часу, кг/га, Т – період між двома сусідніми строками визначення, діб;

– кількість біологічно фіксованого азоту визначали методом розрахунку біологічно фіксованого азоту за активним симбіотичним потенціалом (АСП) та питомою активністю симбіозу (ПАС). Питому активність симбіозу (1 г азоту на 1 кг сирих бульбочок за добу) розраховують за формулою:

$$ПАС = \frac{N_1 - N_2}{АСП_1 - АСП_2}, \text{ де} \qquad (2.8)$$

ПАС – питома активність симбіозу, гN/кг за добу; N_1 і N_2 – максимальне використання азоту рослинами бобових культур у відповідних варіантах досліду за окремі періоди або за вегетацію рослин, кг/ га; $АСП_1$ і $АСП_2$ – це значення активного симбіотичного потенціалу у варіантах без і з застосуванням інокуляції

насіння, кг·днів/га.

– біохімічний аналіз рослин проводили в атестованій лабораторії моніторингу якості, безпеки кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (свідоцтво про атестацію № 0049/2023) за такими ДСТУ: методи відбору проб – ДСТУ 4601:2006; визначення вологи – висушуванням повітряно-сухої наважки до постійної маси в сушильній шафі за температури +105 ^{0}С – ДСТУ ISO 6496:2005; визначення сирого протеїну проводилося за методом К'єльдаля – ДСТУ 7169:2010.; визначення жиру в апаратах Сокслета методом екстракції – ДСТУ 7577:2014;

– перед збиранням проводили відбір пробного снопа з кожного варіанта для визначення структури та індивідуальної продуктивності рослин. Облік урожаю зерна проводили методом суцільного збирання комбайном «Sampo–130» і зважуванням з кожної ділянки, з наступним відбором зразків зерна сої, для визначення лабораторії вологості і засміченості [87];

– математичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу на персональному комп’ютері із використанням спеціальних пакетів прикладних програм типу Excel, Statistika [90, 91];

– за урожайними даними розраховували економічну ефективність вирощування сої на насіння згідно методик [92, 93].

Висновки до розділу 2

Вирішальне значення для проходження процесів росту і розвитку рослин сої мають умови тепло- і вологозабезпеченості. Дольова участь гідротермічних умов у формуванні величини і якості врожаю знаходиться в інтервалі від 15 до 30 %. Для оцінки і перевірки робочої гіпотези були змодельвані сприятливі умови, що надало змогу обєктивно оцінити дію та взаємодію організованих факторів.

Соя є найвибагливішою сільськогосподарською культурою за відношенням до гідротермічних умов та грунту. За агрокліматичними

показниками регіон Лісостепу Правобережного, в якому проводились польові дослідження, відноситься до зони з м'яким помірно–континентальним кліматом. Проте спостерігається нестабільність кліматичних умов з року в рік, тобто вологі роки можуть змінюватися на посушливі, і навпаки.

Дослідження із сортами, обліки та фенологічні спостереження проводилися згідно широкоапробованих методик в рослинництві.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНІВ ТЕХНОЛОГІЇ

Соя - культура, яка неоднозначно реагує на фактори зовнішнього середовища, тому для кожного нового сорту необхідно встановлювати оптимальні параметри агротехнічних прийомів. Одним з таких, який має важливе значення є спосіб сівби, адже він визначає весь технологічний комплекс вирощування культури і значно впливає на її продуктивність [65].

Спосіб сівби – вагомий елемент технології вирощування сої, якому приділяється багато уваги. Адже тільки правильно обравши ширину міжрядь, можна отримати потенційний рівень урожайності сої. Це пояснюється тим, що соя, як світлолюбива культура, формує високу урожайність лише за оптимальної для зони вирощування і сорту площі живлення, хорошій освітленості її рослин. Вона чутлива до зміни площі живлення, що в свою чергу, впливає на облистяність, гілкування, товщину стебла, інтенсивність фотосинтезу, висоту прикріплення нижніх бобів та їх кількість, кількість насінин на рослині, стійкість проти вилягання, і на кінцевому етапі визначає величину та якість урожайності.

3.1. Тривалість міжфазних періодів сої залежно від гідротермічних умов вирощування та способів сівби.

Тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур є генетично обумовленою ознакою. Проте вона може певним чином змінюватися під впливом умов вирощування [94].

На тривалість вегетаційного періоду впливають температурні умови, освітленість посівів, наявність достатньої кількості вологи та інші фактори. Нестача тепла в поєднанні з підвищеною вологістю подовжують період вегетації. Порівняно суха та тепла погода значно його скорочують. Підвищена температура повітря зумовлює скорочення міжфазного періоду від сівби до появи сходів та від сходів до цвітіння [95].

Розкриття потенціалу культури сої відбувається коли впродовж вегетації рослин випадає 300-350 мм опадів, а сума активних температур складає 2000-2500 °С. При цьому урожай культури залежить від розподілення гідротермічних ресурсів упродовж усього вегетаційного періоду, особливо в критичні періоди росту та розвитку культури [96].

Потреба сої у теплі зростає від проростання насіння до сходів, потім до цвітіння, зав'язування та формування насіння. У період достигання вона зменшується. За рівнем вологозабезпеченості рослини сої вирізняються досить високою посухостійкістю у перший період вегетації – від сходів до початку цвітіння. Критичним за волого споживанням є період цвітіння – наливання насіння [95].

У перший рік досліджень 2022 р. сівбу сої проводили за настання оптимальних строків, які припали на 4 травня, в 2023 році – 9 травня, в 2024 році – 2 травня. Встановлено, що тривалість періоду від сівби до повних сходів у сортів сої безпосередньо залежала від умов вологозабезпечення та гідротермічного режиму. В умовах 2022 року період сівба – повні сходи у сортів становив 10 діб, за цей час, опадів не спостерігалось, проте у квітні місяці випала багаторічна норма, тому грунт був забезпечений вологою. Середньодобова температура повітря була оптимальною для проростання насіння та появи сходів і становила 14,8 °С (табл. 3.1). У 2023 році даний період тривав дещо довше – 12 діб. Подовження періоду спричинено тим що за цей період випало лише 12,5 мм опадів, також грунт не був забезпечений вологою до сівби, а саме в третій декаді квітня випало лише 6,5 мм опадів. Середньодобова температурами становила 15,2 °С, сума активних температур 181,6 °С була теж більшою на 43,9 °С порівняно з попереднім роком. Такі умови негативно впливали на появу одночасних сходів (табл. 3.2). У 2024 році період сівба-повні сходи для дослідних сортів був найкоротшим – 9 діб. Достатній рівень вологозабезпечення у попередній місяць та середньодобова температура 13,8 °С, яка інколи підіймалась до 18,0 °С, забезпечили швидку появу сходів.

Таблиця 3.1

Вплив гідротермічних умов на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому, діб (2022 р.)

Показники	Періоди вегетації						
	сівба – повні сходи	повні сходи -3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок - початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння - повна стиглість	повні сходи - повна стиглість
Титан							
Тривалість періоду, діб	10	24	15	33	29	18	119
Сума активних температур >10 °С	138	378,0	293,2	672,3	592,2	317,3	2253
Середньодобова температура, °С	14,8	16,1	19,6	20,4	20,4	17,6	18,8
Кількість опадів, мм	0	71,0	35,0	104,0	160,0	0	370,0
Паллада							
Тривалість періоду, діб	10	26	22	31	31	17	127
Сума активних температур >10 °С	138	420,4	450,7	616,1	642,2	232,1	2361,5
Середньодобова температура, °С	14,8	16,5	20,5	19,9	20,7	13,7	18,3
Кількість опадів, мм	0	71,0	91,0	111,0	97,0	41,0	411,0
Кобуко							
Тривалість періоду, діб	10	25	20	32	30	17	124
Сума активних температур >10 оС	138	398,6	398,4	654,1	622,5	254,0	2327,6
Середньодобова температура, оС	14,8	16,3	19,9	20,4	20,8	15,0	18,5
Кількість опадів, мм	0	33,0	38,0	101,0	160,0	13,0	345,0

Таблиця 3.2

Вплив гідротермічних умов на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому, діб (2023 р.)

Показники	Періоди вегетації						
	сівба – повні сходи	повні сходи -3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок - початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння - повна стиглість	повні сходи -повна стиглість
Титан							
Тривалість періоду, діб	12	23	16	27	26	20	112
Сума активних температур >10 °С	181,9	412,1	329,9	573,7	564,1	418,7	2298,5
Середньодобова температура, °С	15,2	17,9	20,6	21,3	21,7	20,9	20,5
Кількість опадів, мм	12,5	18,5	51,6	59,3	27,5	34,1	191,0
Паллада							
Тривалість періоду, діб	12	25	18	27	28	25	123
Сума активних температур >10 °С	181,9	444,8	357,8	573,8	621,1	477,1	2474,6
Середньодобова температура, °С	15,2	17,8	20,9	21,3	22,2	19,1	20,3
Кількість опадів, мм	12,5	18,5	57,6	62,1	18,7	37,4	194,3
Кобуко*							
Тривалість періоду, діб	12	24	17	27	26	22	116
Сума активних температур >10 °С	181,9	426,5	350,9	576,8	573,8	437,1	2365,1
Середньодобова температура, °С	15,2	17,8	20,6	21,4	22,1	19,9	20,4
Кількість опадів, мм	12,5	18,5	56,5	63,2	18,7	34,1	191,0

Таблиця 3.3

Вплив гідротермічних умов на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому, діб (2024 р.)

Показники	Періоди вегетації						
	сівба – повні сходи	повні сходи -3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок - початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння - повна стиглість	повні сходи - повна стиглість
Титан							
Тривалість періоду, діб	9	27	14	24	25	27	117
Сума активних температур >10 °С	118,0	445,3	283,9	569,6	554,2	610,1	2463,1
Середньодобова температура, °С	13,8	17,2	20,3	23,7	22,2	22,6	21,2
Кількість опадів, мм	0,9	44,1	51,8	36,9	55,1	6,9	194,8
Паллада							
Тривалість періоду, діб	9	27	16	28	29	22	122
Сума активних температур >10 °С	118,0	445,3	325,7	682,7	616,4	491,9	2562,03
Середньодобова температура, °С	13,8	17,2	20,4	24,4	21,3	22,4	21,1
Кількість опадів, мм	0,9	44,1	51,8	60,9	38,1	1,6	196,5
Кобуко							
Тривалість періоду, діб	9	27	14	27	26	27	121
Сума активних температур >10 °С	118,0	445,3	283,9	654,5	554,6	603,1	2541,43
Середньодобова температура, °С	13,8	17,2	20,3	24,2	21,3	22,3	21,1
Кількість опадів, мм	0,9	44,1	51,8	59,1	38,2	1,6	194,8

Період від сходів до формування третього трійчастого листка у 2022 році тривав у сорту Титан 24 доби, у сорту Паллада 26 діб, у сорту Кобуко 25 діб, за цей час сума активних температур сягала, відповідно 378,0 ^{o}C, 420,4 ^{o}C та 398,6 ^{o}C , а сума опадів 33-71,0 мм. У 2023 р. за варіантами досліду цей період був дещо коротшим та становив 23-25 діб. Це зумовлено тим, що середньодобова температура 17,8-17,9 ^{o}C та сума активних температур 412,1-444,8 ^{o}C була більшою, а кількість опадів меншою ніж у попередньому році та становила 18,5 мм. У 2024 році період сходи- третій трійчастий листок тривав 27 діб. Сума активних температур становила – 445,3 ^{o}C, середньодобова температура дорівнювала 17,2 ^{o}C, сума опадів становила 44,1 мм.

Період від третього трійчастого листка до початку цвітіння характеризується інтенсивним ростом рослин сої, що потребує значної кількості вологи та тепла. Тривалість даного періоду протягом 2022 року для сорту Титан становила 15 діб, для сорту Паллада – 22 доби та Кобуко-20 діб. Для сорту Титан та Кобуко середньодобова температура становила 19,6-19,9 ^{o}C, сума активних температур 293,2-398,4 ^{o}C, кількість опадів 35,0-38,0 мм. Дещо кращі умови спостерігались для сорту Паллада - середньодобова температура становила 20,5 ^{o}C, сума активних температур 450,7 ^{o}C, кількість опадів 91,0 мм. Оптимальна температура повітря і достатньо зволожений грунт позитивно вплинули на ріст та розвиток рослин.

В 2023 році тривалість періоду від третього трійчастого листка до початку цвітіння була меншою та становила відповідно для сорту Титан – 16 діб, Паллада – 18 діб та Кобуко – 17 діб. Рівень вологозабезпеченості за цей період був нижчим ніж показники у попередньому році і становив 51,6-57,6 мм. Середньодобова температура повітря склала 20,6-20,9 ^{o}C, а сума активних температур коливалась в межах 329,9-357,8 ^{o}C.

Даний період у 2024 році характеризувався достатніми середньодобовими температурами, що дозволило набрати необхідну суму температур для нормального росту та розвитку сої. Протягом періоду вегетації сума активних температур для сортів Титан і Кобуко складала 283,9 ^{o}C та дещо більше для

Паллади – 325,7 °С, середньодобова температура – 20,3-20,4 °С. Рівень вологозабезпеченості за цей період становив 51,8 мм.Тривалість даного періоду була найменшою за всі дослідні роки відповідно 14 та 16 діб. Підвищення температури повітря та зменшення кількості опадів сприяло скороченню даного періоду.

Після проходження вегетативних стадій росту і розвитку, протягом яких формується основна вегетативна маса рослин та закладаються репродуктивні органи, настають репродуктивні фази розвитку, які тривають від цвітіння до повного дозрівання насіння.

Як відомо критичним періодом щодо забезпечення рослин сої вологою є період цвітіння. Відмінності, що спостерігаються в період цвітіння, в різні роки, з тими самими сортами в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах обумовлені мінливістю температури. Таким чином, зменшення періоду цвітіння відбувається в основному, внаслідок підвищення температури, що потенційно зменшує кількість квіток та збільшує рівень абортивності. А дефіцит вологи ще більше посилює негативний вплив високої температури.

Протягом 2022 року досліджень даний період характеризувався досить високими температурами повітря та достатньою кількістю опадів. Період від початку до кінця цвітіння у сорту Титан тривав 33 доби, а сортів Паллада та Кобуко відповідно 31 та 32 доби, він характеризувався оптимальною середньодобовою температурою 19,9-20,4 ºС, сума опадів становила 101,0 – 111,0 мм. У 2023 році період цвітіння сортів сої був коротшим на 4-6 доби ніж у попередньому році та становив 27 діб. Така тривалість була зумовлена малою кількістю опадів 59,3-63,2 мм та високими середньодобовими температурами 21,3-21,4 ºС. У 2024 році тривалість періоду початок цвітіння-кінець цвітіння була майже такою ж як і в попередньому році та становила для сорту Титан – 24 доби, Паллада – 28 діб, Кобуко – 27 діб. Скорочення періоду зумовлено найбільшою порівняно з попередніми роками 23,7-24,2°С середньодобовою температурою, за оптимального показника для даного періоду 21-22°С. Кількість опадів дорівнювала 36,9-60,9 мм. Такі посушливі умови призвели до

збільшення відсотка абортивності квіток.

Одним із найбільш відповідальних періодів онтогенезу сої є кінець цвітіння – повне наливання насіння. Температурні показники періоду в 2022 році супроводжувалися оптимальними середньодобовими температурами. Сума активних температур склала у сортів Титан - 592,2°С, Паллада та Кобуко – 642,2 °С та 622,5 °С при цьому випало 160,0 та 97,0 мм опадів. Рослини сої в цілому були забезпечені достатньою кількістю вологи, що досить позитивно вплинули на процеси формування та наливання насіння. Чого не скажеш про даний період в 2023 році, його тривалість була меншою ніж в попередньому році на 3 доби. Забезпеченість вологою була мінімальною 18,7-27,5 мм та спостерігалась висока середньодобова температура 21,7-22,2 °С. Такі посушливі умови призвели до формування щуплого насіння та зменшення рівня урожайності. Формування генеративних органів в 2024 році досліджень для сортів тривало від 25 до 29 діб, при кількості опадів вищій ніж в попередньому році - 38,1-55,1 мм і середньодобовій температурі – 21,3-22,2 °С. Проте такі погодні умови, особливо нестача опадів, теж негативно впливали на повноцінне наливання насіння, як наслідок зменшення маси 1000 насінин та урожайності.

Дозрівання сої теж суттєво залежало від гідротермічних умов. У 2022 р. період повний налив насіння – повна зрілість тривав 17-18 діб залежно від сорту, при сумі активних температур у сорту Титан 317,3 °С, Паллада – 232,1 °С, Коуко – 254,0 °С та кількості опадів відповідно 0 мм, 41,0 мм та 13,0 мм. Середньодобова температура для сорту Титан становила 17,6 °С та дещо нижчою була для Паллади – 13,7 °С та Кобуко – 15,0 °С. Період повний налив насіння-повна стиглість 2023 року становив 20-25 діб, спостерігалася висока температура повітря для сорту Титан 20,9 °С, для сорту Паллада - 19,1°С та Кобуко - 19,9°С, сума активних температур становила 418,7-477,7 °С. За зволоженням період був посушливим, випало 34,1-37,4 мм опадів, слід відмітити, що продуктивними були два дощі в кінці серпня та на початку вересня. Такі гідротермічні умови сприяли рівномірному достиганню насіння сої та вчасному збиранню врожаю. В 2024 році період тривав 22-27 діб,

середньодобова температура була вищою ніж в 2022 та 2023 рр. та становила для сортів 22,3-22,6 ^{o}С, а опадів випала мінімальна кількість 1,6-6,9 мм. Сума активних температур також була вищою ніж у попередні роки та становила 491,9 -610,1^{o}С.

Протягом вегетаційного періоду від повних сходів до повної стиглості в 2022 році для сорту Титан випало 370 мм опадів, при сумі активних температур 2253,0 ^{o}С. Тривалість вегетаційного періоду склала 119 діб. Вегетаційний період сорту сої Коуко був дещо більшим 124 доби, що пояснюється сортовими відмінностями. При цьому кількість опадів становила 345,0 мм, середньодобова температура 18,5 ^{o}С та сума активних температур 2327,6 ^{o}С. Тоді як тривалість вегетаційного періоду у сорту Паллада була на 3-8 діб довшою і склала 127 діб, при найбільшій сумі активних температур 2361,5 ^{o}С і сумі опадів 411,0 мм.

Вегетація рослин сої дослідних сортів у 2023 році становила: сорт Титан – 112 діб, сорт Кобуко – 116 діб та Паллада – 123 доби, що менше на 4-6 діб ніж у попередньому році. Дефіцит опадів на фоні підвищеного температурного режиму сприяли скороченню вегетаційного періоду. Середньомісячна температура повітря становила 20,3-20,5 °С при сумі активних температур 2298,5-2474,6 °С. За цей період випало 191,0-194,3 мм опадів.

Результати фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин сої протягом 2024 р. показали, що вегетаційний період становив – 117-122 доби залежно від сорту та був меншим ніж у 2022 році. В цілому за весь вегетаційний період як і в попередньому році випало 194,8-196,5 мм опадів. В свою чергу сума активних температур і середньодобова була найбільшою за всі роки досліджень, відповідно становила для сорту Титан 2463,1 і 21,2 °С, Паллада 2562,03 і 21,1 °С та Кобуко 2541,43 і 21,1 °С.

Проведені нами дослідження протягом 2022-2024 рр. показали, що впливу на тривалість вегетаційного періоду рослин сої способи сівби не мали. Встановлено, що як і тривалість окремих міжфазних періодів росту сортів сої, так і весь вегетаційний період в цілому в значній мірі залежали від гідротермічних умов та від групи стиглості сорту.

3.2. Динаміка ростових процесів рослин сої за різних способів сівби.

Ріст як незворотнє збільшення обсягу і маси клітин, тканин і частин рослин - одне з первинних, основних проявів рослинного організму. Зростання є інтегруючим показником реалізації генетичної інформації, яка проявляється в фенотипічних змінах [97].

Висота є важливою морфологічною ознакою для рослини. Вона показує біологію росту й розвитку та умови формування рослин [98]. Тому за характером зміни висоти рослин можна визначити, наскільки сприятливі для них умови зовнішнього середовища [99].

Стебло рослини є основою формування наземної частини організму. На стеблі формуються листові пластинки, які є основними чинниками фотосинтетичної активності, та квітки, кількість яких, у кінцевому результаті, визначає насіннєву продуктивність рослини [100]. На основі аналізу ростових процесів стебла можливо з'ясувати найефективніші умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів сої [101].

У зв'язку з тим, що висота рослин в онтогенезі рослин сої сильно змінюється під впливом різних чинників, вивчення цього показника дозволяє встановити найважливіші залежності процесу формування високої продуктивності сої [102].

Тривалість інтенсивного росту сої залежить від групи стиглості певного сорту. На приріст рослин у довжину протягом вегетаційного періоду також впливають температурний режим, інтенсивність освітлення, тривалість світлового дня і елементи технології вирощування культури, зокрема способи сівби [103].

В літературі існують різні дані про залежність висоти рослин від ширини міжрядь. Одні науковці свідчать про збільшення висоти рослин із зменшенням ширини міжрядь. Інші підтверджують те, що в широкорядних посівах рослини витягуються і вилягають [95, 104].

У низці досліджень, проведених у США та на Філіпінах, виявлено, що

ширина міжряддя та відстань між рослинами, тобто геометрія рослин, мало впливали на висоту рослин, однак визначали площу листя та біомасу пагонів сої. Chauhan та Ореña у своїх дослідженнях відмічали тенденцію до збільшення висоти рослин сої за вузьких міжрядь [105].

Результатами досліджень проведеними на дослідному полі Центральноукраїнського національного технічного університету встановлено, що в широкорядних посівах з міжряддями 45 см висота рослин була вищою і становила в середньому 104,5 см, тоді як за звичайної рядкової сівби - 92,9 см [106].

При проведенні досліджень в північно-східній частині Правобережного Лісостепу встановлено, що висота рослин сої зростала зі збільшенням ширини міжрядь. За ширини міжрядь 19 см показник становив у фазі наливу насіння - 78,5 см. При стрічковому способі сівби (19 × 38 × 19 см) висота збільшувалась на 1,02 % та при ширині міжрядь 38 см – на 4,3 % [107].

Детальний аналіз темпів росту стебла дає можливість з’ясувати найбільш оптимальні умови для формування високопродуктивного агрофітоценозу рослин сої. В результаті проведених досліджень протягом 2022-2024 рр. встановлено, що висота рослин сої збільшувалась від фази сходів до повної стиглості та залежала від генотипових властивостей сорту. До фази бутонізації висота рослин сої не суттєво варіювала залежно від факторів, що вивчались, але починаючи від фази цвітіння різниця по висоті між варіантами зростала і в послідуючі фази була досить значною.

Більша висота рослин у фазу повної стиглості у середньому протягом дослідних років спостерігалась у сорту Паллада – 95,6-106,4 см та сорту Кобуко – 88,8-92,4 см, так як дані сорти мають напівдетермінантний тип росту стебла, у сорту Титан тип росту детермінантний, тому висота рослин була меншою та дорівнювала 72,9-75,6 см (табл.3.4).

Дослідженнями за розвитком сої протягом 2022-2024 року встановлено, що способи сівби мали помітний вплив на динаміку росту рослин. Уже починаючи з фази початок цвітіння на ділянках з шириною міжрядь 45 см

рослини були більш високорослими. Ця тенденція зберігалася і в подальшому. У фазу повної стиглості в широкорядних посівах рослини сорту Титан були вищими на 3,8 %, сорту Паллада – на 11,3 % та Кобуко - на 4,1 % за рослини на ділянках рядкового та відповідно на 3,2 %, 10,9 % та 2,4 % ніж у черезрядного посіву.

Таблиця 3.4

Динаміка висоти рослин сої, см (у середньому за 2022-2024 рр.), *M ± m

Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Середньо добовий лінійний приріст см/добу
	3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	повна стиглість	
Титан						
Рядковий, 15 см	17,6 ±2,2	30,9 ±3,6	57,9 ±2,4	72,0 ±10,1	72,9 ±9,7	0,62
Рядковий, 30 см	17,6 ±2,0	33,3 ±5,5	58,5 ±2,7	72,0 ±9,0	73,3 ±8,7	0,62
Широкорядний, 45 см	17,2 ±1,4	28,5 ±0,5	60,0 ±2,5	74,2 ±10,3	75,6 ±10,1	0,64
Паллада						
Рядковий, 15 см	20,0 ±1,7	46,4 ±6,8	80,3 ±1,5	94,8 ±3,9	95,6 ±3,8	0,77
Рядковий, 30 см	21,6 ±2,5	40,0 ±9,5	75,4 ±4,1	95,1 ±5,4	95,9 ±5,2	0,77
Широкорядний, 45 см	23,6 ±2,6	51,9 ±10,0	79,3 ±3,7	105,1 ±8,3	106,4 ±7,9	0,85
Кобуко						
Рядковий, 15 см	19,7 ±2,3	34,0 ±4,7	67,5 ±3,2	87,7 ±4,9	88,8 ±4,7	0,73
Рядковий, 30 см	20,5 ±3,1	40,2 ±3,3	72,9 ±3,3	90,3 ±5,8	90,3 ±4,9	0,75
Широкорядний, 45 см	21,2 ±3,2	41,7 ±5,0	76,0 ±1,7	93,1 ±6,9	92,4 ±5,2	0,77

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Активний ріст рослин сої починається через 2–3 тижні після повних сходів, тому одним із найбільш наочних відображень динаміки продукційних процесів рослин є їх приріст у висоту. За коливаннями добового приросту рослин у висоту за період вегетації можна визначити вплив різних чинників на формування продуктивності культури, зокрема, умов зволоження,

забезпеченістю рослин поживними речовинами, температури повітря, тривалості сонячного освітлення [108].

Спостереження показали, що найбільші середньодобові лінійні прирости дослідних сортів 0,64, 0,85 і 0,77 см/добу відмічено при сівбі сої з шириною міжрядь 45 см, що більше на 2,7-10,4 % порівняно з іншими варіантами.

Це можна пояснити тим, що рослини в широкорядних посівах розміщені в рядках дуже щільно, тому між ними збільшується конкуренція за основні фактори життя та взаємне затінення, внаслідок цього відбувається витягування рослин.

Залежність між висотою рослин сої та способами сівби можна відобразити у вигляді рівняння регресії:

Сорт Титан

$y = 0,09x + 71,20,$

Сорт Паллада

$y = 0,36x + 88,52,$

Сорт Кобуко

$y = 0,1211x + 86,84,$

де y – висота рослин, см, x – способи сівби, см.

Коефіцієнт кореляції відповідно становить $r = 0,93$, $r = 0,77$ та $r = 0,99$

За результатами досліджень встановлено, що на висоту рослин мали вплив гідротермічні умови вегетаційного періоду. Більша висота стебла сортів сої в середньому 88,1-117,1 см у фазі повної стиглості відмічена в умовах 2022 року, так як вегетаційний період був достатньо забезпечений вологою, кількість опадів становила 466,0 мм. У широкорядних посівах сої сорту Паллада проявлялася схильність рослин до вилягання, що ускладнювало проведення збиральних робіт. Тоді як у інші роки досліджень кількість опадів за вегетаційний період сої складала 67-68 % від середньобагаторічних даних. В зв’язку з дефіцитом вологи висота рослин сої була меншою в середньому на 16,0-32,2 % та становила 57,1-111,3 см (Додаток А).

Кореляційно- регресійний аналіз показує, що існує сильний позитивний зв'язок r = 0,847 між висотою рослин та кількістю опадів протягом вегетації. Залежність подано рівнянням лінійної регресії:

$y = 0{,}0693\ x + 65{,}615,$

де y – висота рослин, см; x – кількість опадів за вегетаційний період, мм.

Отже, при проведенні досліджень протягом 2022-2024 рр. встановлено, що нерівномірне розміщення рослин на площі та конкуренція за фактори життя, яке обумовлене широкорядним способом сівби з міжряддями 45 см значно впливало на висоту рослин сої та збільшувало її на 2,4-11,3 % порівняно з іншими способами сівби.

3.3.Характер формування генеративних органів у рослин сої

Генеративний період в онтогенезі сої є основним у формуванні її продуктивності [109]. З агротехнічної точки зору важливим є не лише те скільки квіток і бобів сформувалось, але і те, скільки квіток зав’язалось і бобів визріло на рослині, оскільки саме ці показники є визначальним у формуванні врожаю насіння [110].

Найбільш сприятлива температура для цвітіння 21°С. Рослина цвіте від 12 до 24 днів (в залежності від сорту). Першими зацвітають нижні квітки, кількість квіток у суцвітті досягає 15, іноді і більше. Квітки сої зацвітають майже одночасно на головному стеблі і бічних гілках.

Суцвіття - китиці, розміщені в пазухах листків іноді попарно. Довжина квіткової китиці від 0,5 до 8 мм і більше. Кількість квіток у багатоквіткових форм 15-25, малоквіткових – 2-4, у проміжних форм – 5-14 [111].

У скоростиглих сортів цвітіння починається з нижнього ярусу рослини в основі 2-3-го трійчастого листка і продовжується до верхівки. У пізньостиглих, деяких середньостиглих і сортів із закінченим ростом цвітіння починається в середньому ярусі, у пазухах 7-9-го листка і далі поширюється по стеблу вниз і нагору. Тривалість цвітіння однієї китиці складає 5-11 днів, однієї квітки 2-5

днів. Цвітіння різко підвищується на 4-6-й день від його початку; зниження відбувається на 7-10-й день цвітіння в залежності від сорту [112].

У сортів сої з недетермінантним типом росту цвітіння розтягнуте в часі, одночасно з ним продовжується ріст головного стебла і гілок. Спочатку з'являються поодинокі квітки в нижній або середній частині головного стебла, через 4 – 6 днів інтенсивно цвіте вся рослина. У сортів з детермінантним типом росту цвітіння відбувається майже одночасно на всій рослині [113].

При проведенні досліджень протягом 2022-2024 р., виявлено, що формування та розвиток квіток залежали від морфологічних особливостей сорту, також вплив на цей процес мали фактори, що досліджувались та гідротермічні умови.

Таблиця 3.5

Вплив способу сівби на формування генеративних органів у рослин сої (у середньому за 2022-2024 рр.)

Сорт	Спосіб сівби	Кількість, шт./рослину			Абортивність квіток %	Абортивність бобів %
		квіток	бобів після зав'язування	бобів на період достигання		
Титан	Рядковий, 15 см	77,5	44,2	37,2	40,9	22,0
	Рядковий, 30 см	71,5	42,1	31,5	41,8	28,1
	Широкорядний, 45 см	69,0	39,5	29,6	43,5	28,3
Паллада	Рядковий, 15 см	82,0	42,8	31,5	47,9	26,6
	Рядковий, 30 см	88,3	47,6	35,5	46,4	26,4
	Широкорядний, 45 см	76,7	38,0	25,9	50,5	32,8
Кобуко	Рядковий, 15 см	78,0	48,6	36,0	37,7	25,9
	Рядковий, 30 см	70,3	41,2	29,8	41,4	27,7
	Широкорядний, 45 см	69,3	40,3	28,0	41,8	30,5

Вивчення характеру формування плодоелементів дослідних сортів сої показало, що сорт Титан детермінантного типу росту, тобто має обмежений ріст.

Характерна особливість у тому, що ріст головного стебла закінчується суцвіттям у якому 12-15 квіток. Сорт Паллада та Кобуко має напівдетермінантний тип росту, квітки утворюються на головному стеблі (4-8 шт.), у проміжках між листям, і ніколи на точці росту.

Встановлено, що способи сівби мали помітний вплив на формування та розвиток плодоелементів. Найбільш сприятливі умови для утворення квіток та формування бобів для сорту Титан та Кобуко складались на ділянках де сівбу проводили з шириною міжрядь 15 см, для сорту Паллада – при сівбі з шириною міжрядь 30 см, яка забезпечує оптимальну площу живлення рослин.

На цих ділянках у сорту Паллада утворилось 88,3 шт./рослину квіток та зав’язалось 47,6 шт./рослину бобів з яких 35,5 шт./рослину збереглися до збирання, у сорту Кобуко кількість плодоелементів становила відповідно – 78,0 шт./рослину, 48,6 шт./рослину та 36,0 шт./рослину, у сорту Титан – 77,5 шт./рослину, 44,2 шт./рослину та 37,2 шт./рослину (табл.3.5). В порівнянні з ділянками, де сою висівали з шириною міжрядь 30 см або 45 см кількість генеративних органів в середньому по сортах була більшою відповідно на 6,0-11,6 шт./рослину квіток, 2,1-9,6 шт./рослину бобів після зав’язування та 4,0-9,6 шт./рослину бобів на період достигання.

Однією з причин низької реалізації генетичного потенціалу культури є масова абортивність бутонів, зав'язі й бобів. З літературних джерел відомо, що абортивність квіток, у сої доходить до 75% і більше, що дуже знижує врожаї насіння. У сої з індетермінантним типом росту абортивних квіток більше, ніж у детермінантних і напівдетермінантних сортів [114].

З літературних джерел відомо, що абортивність бобів спостерігається за сильної повітряної та ґрунтової посухи, нестачі в живленні рослини бору й цинку, за дуже довгого світлового дня та ураження хворобами й шкідниками. Посуха впродовж 2-3 тижнів після бутонізації призводить до абортивності, яка спричиняє ослаблення росту рослин та нерівномірне цвітіння. До 75 % бобів у рослин сої абортується через нестачу цукрів, калію та азоту. Більше генеративних органів зберігається у тих сортів, які характеризуються підвищеною інтенсивністю фотосинтезу. Абортивність насіння залежить від

сорту й умов вирощування та коливається в межах 15-34 % [113,115].

Результатами досліджень встановлено, що збільшення ширини міжрядь з 15 см до 45 см призводило до зменшення квіток і бобів на одній рослині, а відсоток збереження плодоелементів, навпаки, збільшувався. Тобто найбільший рівень абортивності квіток та бобів спостерігався на ділянках з шириною міжрядь 45 см. Для сорту Титан він становив відповідно 43,5 % та 28,3 %, для сорту Паллада – 50,5 % та 32,8 %, для сорту Кобуко – 41,8 % та 30,5 %, що більше в середньому на 0,9-4,1 % та 0,2-6,4 % порівняно з іншими способами.

Статистична обробка даних вибірки дала можливість розрахувати регресійну модель, яка описує зв’язок між способами сівби та кількістю бобів на період достигання. Між факторами встановлено щільний прямий зв'язок для сорту Титан r = 0,961, Кобуко r = 0,953 та середній зв'язок для сорту Паллада r = 0,581. Дана залежність описується рівнянням регресії відповідно:

$y = -0,2533x + 40,367,$

$y = -0,1867x + 36,576,$

$y = -0,2667x + 39,267,$

де y – кількість бобів на період достигання, шт./рослину, x – способи сівби.

Також встановлено, що абортивність бобів значно залежала від способів сівби. Коефіцієнт кореляції для дослідних сортів становить: сорт Титан r = 0,883, сорт Паллада r = 0,852 та Кобуко r = 0,991. Виявлена залежність описується наступним рівнянням лінійної регресії:

$y = 0,2122x + 19,769,$

$y = 0,2061x + 22,413,$

$y = 0,1532x + 23,444,$

де y – абортивність бобів, %; x – спосіб сівби, см.

Таким чином, за результатами досліджень протягом 2022-2024 року виявлена залежність характеру формування плодоелементів від просторового розміщення рослин на площі, яка зумовлена способом сівби. Найбільш сприятливі умови для утворення квіток та формування бобів складались на

ділянках де сівбу сої сорту Титан та Кобуко проводили з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада - 30 см. На даних варіантах досліду зафіксовано також найнижчий рівень абортивності квіток та бобів у сорту Титан – 40,9 і 22,0 %, Паллада - відповідно 46,4 і 26,4 %, Кобуко – 37,7 та 25,9 %, що менше в середньому на 0,9-4,1 % та 0,2-6,3 % ніж на інших ділянках.

3.4 Довжина міжвузля та діаметр стебла рослин сої за різних способів сівби.

Одним із основних критеріїв дослідження технологій вирощування сільськогосподарських культур є аналіз процесів росту й розвитку рослин у агроценозі [116]. Важливий чинник у формуванні вертикальної структури агроценозу соєвого поля, який визначає його повітряний та світловий режими, є висота рослин. Від висоти рослин сої значною мірою залежить закладання генеративних органів і рівень продуктивності [117]. Чим довше міжвузля, тим вища концентрація ауксину, який переміщається донизу, і менше активних бруньок у вузлах. Важливо контролювати довжину міжвузлів, а не їх кількість [118].

Довжина міжвузля стебла сої є важливим параметром, який впливає на ріст і врожайність культури. Існуючі сорти сої значно різняться за кількістю вузлів на головному стеблі рослини (від 5 до 26). За даними А. К. Лещенко кількість вузлів залежить від типу росту та характеру і ступеню гілкування [119]. Також показник може варіюватися залежно від умов вирощування.

При проведенні досліджень протягом 2022-2024 року було встановлено, що на даний показник впливали генотипові особливості дослідних сортів. При більшій висоті рослин формувались довші міжвузля, найбільшу довжину у середньому по рослині відмічено у сорту Паллада – 5,4 см, у сорту Кобуко – 4,7 см та Титан – 4,4 см.

Також відмічено, що фактори, які досліджувались мали суттєвий вплив на довжину міжвузля. Слід зауважити, що найбільш подовжені міжвузля відмічені

при широкорядному способі сівби, проте кількість на даних варіантах була на 1-3 міжвузля меншою ніж при сівбі з шириною 15 см або 30 см. У середньому по рослині цей показник набував максимальних значень при сівбі з шириною міжрядь 45 см та становив у сорту Титан - 5,5 см, Кобуко – 5,6 см та Паллада - 6,3 см (табл.3.6).

На варіантах досліду, де сівбу проводили з міжряддями 30 см дані зменшувалися відповідно на 21,4 %, 12,8 % та 11,1 % та становили 4,2 см, 4,7 см та 5,4 см. Найкоротші міжвузля рослин дослідних сортів формувались при сівбі рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та дорівнювали у сорту Титан - 3,9 см, у сорту Кобуко - 4,3 см та у сорту Паллада - 4,9м, що менше на 30,8 %, 23,3 % та 22,4 % в порівнянні з широкорядним способом.

Таблиця 3.6

Довжина міжвузля рослин сої за різних способів сівби, см (у середньому за 2022-2024 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Номер міжвузля													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Титан	15	2,6	2,6	3,0	3,7	4,6	4,8	5,1	5,2	4,7	4,8	4,6	3,3	2,4	3,3
	30	2,6	2,5	2,9	3,6	4,7	4,8	4,9	5,8	6,0	5,9	5,3	4,2	3,3	2,8
	45	3,2	3,2	3,4	4,4	5,1	5,3	5,6	6,0	6,6	6,4	6,2	6,1	5,4	4,6
Паллада	15	3,2	3,1	2,8	2,6	3,3	4,0	4,7	5,6	6,1	6,6	7,0	7,3	6,8	5,4
	30	3,3	3,3	2,8	3,6	4,3	5,0	5,6	6,5	7,2	6,6	7,2	7,4	6,8	5,5
	45	4,0	4,0	3,9	4,2	5,0	5,5	6,3	7,1	7,7	7,6	7,9	7,7	7,3	6,4
Кобуко	15	2,7	2,8	3,3	4,3	4,7	5,0	5,2	5,3	5,0	5,4	5,4	4,3	3,5	3,3
	30	2,8	2,7	3,2	4,1	4,9	5,2	5,6	5,7	6,1	6,2	5,3	4,8	3,9	3,3
	45	3,3	3,8	3,9	4,6	5,2	5,5	6,0	6,1	6,6	6,5	6,5	5,7	5,5	5,2

Товщина стебла значною мірою визначається генотипом сорту (70-80 %) і досить тісно позитивно корелює із такими господарсько цінними ознаками як продуктивність рослини, маса 1000 насінин [119]. Її також можна регулювати за допомогою ширини міжрядь. Надмірна густота рослин призводить до їх вилягання внаслідок витягування стебла. Адже цій культурі необхідне світло, і якщо вона отримуватиме його недостатньо, то менше гілкуватиметься,

тягтиметься вгору і схилятиметься. З іншого боку – розріджені посіви підвищують небезпеку забур'янення [120].

Слідкуючи за динамікою формування діаметра стебла рослин сої протягом 2022-2024 р. відмічено, що найбільшим у дослідних сортів 5,0-7,1 мм він був у 1-4 міжвузлі, далі прямолінійно зменшувався не залежно від факторів що вивчались (табл.3.7).

За результатами досліджень встановлено, що діаметр стебла рослин сої у середньому по рослині на варіантах з широкорядним способом сівби становив 4,2-4,5 мм. Проте при зменшенні ширини міжрядь діаметр стебла досліджуваних сортів збільшувався на 0,1-1,1 мм.

Найбільший діаметр стебла в середньому по рослині відмічено у сорту Титан - 5,4 мм при сівбі з шириною міжрядь 15 см, він перевищував інші варіанти на 12,5-25,6 %. У сорту Кобуко та Паллада спостерігалась аналогічна залежність, проте показники були дещо меншими. Діаметр стебла становив в середньому по рослині відповідно 5,3 мм та 4,6 мм при сівбі з міжряддям 15 см, що більше на 1,04-17,8 % та 7,0-9,5 % порівняно з іншими способами сівби.

Таблиця 3.7

Діаметр стебла рослин сої за різних способів сівби, мм (у середньому за 2022-2024 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Номер міжвузля													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Титан	15	6,7	6,8	7,0	6,6	6,6	6,4	6,1	5,6	5,2	5,0	4,3	3,9	3,3	1,0
	30	6,2	6,3	6,4	6,0	6,4	6,2	5,9	5,3	4,7	4,2	3,5	2,7	2,0	1,7
	45	6,7	6,7	6,7	6,3	5,5	5,2	4,9	4,4	3,5	3,1	2,5	1,7	1,4	1,2
Паллада	15	5,6	5,8	5,6	5,2	5,1	5,0	5,0	4,9	4,5	4,2	4,1	3,4	2,9	2,8
	30	5,6	5,5	5,3	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,2	3,9	3,6	3,2	2,6	2,3
	45	5,0	5,2	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,6	4,3	3,8	3,4	3,0	2,5	2,0
Кобуко	15	6,7	7,2	6,7	6,8	6,7	6,5	6,6	5,4	5,0	4,6	3,9	3,5	2,8	2,1
	30	6,2	6,7	7,1	6,2	6,0	5,8	5,5	5,0	4,4	4,0	3,4	2,8	2,3	1,7
	45	7,0	6,3	6,2	6,0	5,8	5,3	5,1	5,1	4,3	4,0	3,3	2,9	2,5	2,0

Така специфіка диференціації стебла при вузькорядному способі сівби сприяє посиленню механічної міцності стебла, що в свою чергу запобігає

вилягання сортів сої, особливо з напів- та індермінантним типом росту і створює технологічні переваги при збиранні урожаю.

У результаті кореляційно-регресійного аналізу встановлено сильний позитивний зв’язок між довжиною міжвузля та шириною міжрядь. Коефіцієнт кореляції для сортів рівний r = 0,716. Залежність описується рівнянням регресії:

y = 13,983x-38,051

де y – довжина міжвузля, см; x – ширина міжряддя;

Також виявлено сильний від’ємний зв'язок між діаметром міжвузля рослин сої і шириною міжрядь. Коефіцієнт кореляції рівний r = 0,769. Залежність описується рівнянням регресії:

y = -23,172x+138,65

де y – діаметр стебла, мм; x – ширина міжряддя.

На основі проведених досліджень встановлено, що на анатомо-морфологічні показники безпосередній вплив мали фактори, які досліджувались. При цьому найкращі умови для росту, розвитку та максимальної реалізації потенціалу рослин сої створювались на варіантах досліду, де сівбу проводили із шириною міжрядь 15 см. У таких умовах довжина міжвузлів зменшувалась на 22,4-30,8 %, а діаметр стебла збільшувався на 9,5-25,6 %. Слід відмітити, що сорт Паллада характеризувався більшою висотою рослин мав подовжені міжвузля, тому був схильний до вилягання. Проте його сівба вузькорядним способом (15 см) завадила виляганню рослин сої.

Висновки до розділу 3

Проведені дослідження протягом 2022-2023 рр. показали, що суттєвого впливу на тривалість вегетаційного періоду рослин сої фактори, що вивчались не мали. Встановлено, що як і тривалість окремих міжфазних періодів росту сортів сої, так і весь вегетаційний період в цілому в значній мірі залежали від гідротермічних умов та від групи стиглості сорту.

Нерівномірне розміщення рослин на площі, яке обумовлене широкорядним способом сівби з міжряддями 45 см значно впливало на висоту рослин сої та збільшувало її на 2,4-11,3 % порівняно з іншими способами сівби. Рослини в широкорядних посівах розміщені в рядках дуже щільно, тому між ними збільшується конкуренція за основні фактори життя та взаємне затінення, внаслідок цього відбувається витягування рослин.

За результатами досліджень протягом 2022-2024 року виявлена залежність характеру формування плодоелементів від просторового розміщення рослин на площі, яка зумовлена способом сівби. Найбільш сприятливі умови для утворення квіток та формування бобів складались на ділянках де сівбу сої сорту Титан та Кобуко проводили з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада - 30 см. На даних варіантах досліду зафіксовано також найнижчий рівень абортивності квіток та бобів у сорту Титан – 40,9 і 22,0 %, Паллада - відповідно 46,4 і 26,4 %, Кобуко – 37,7 та 25,9 %, що менше в середньому на 0,9-4,1 % та 0,2-6,3 % ніж на інших ділянках.

На основі проведених досліджень встановлено, що на анатомо-морфологічні показники безпосередній вплив мали фактори, які досліджувались. При цьому найкращі умови для росту, розвитку та максимальної реалізації потенціалу рослин сої створювались на варіантах досліду, де сівбу проводили із шириною міжрядь 15 см. У таких умовах довжина міжвузлів зменшувалась на 22,4-30,8 %, а діаметр стебла збільшувався на 9,5-25,6 %. Слід відмітити, що сорт Паллада характеризувався більшою висотою рослин мав подовжені міжвузля, тому був схильний до вилягання. Проте його сівба вузькорядним способом (15 см) завадила виляганню рослин сої.

РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ

Фотосинтез є найбільш притаманною та вагомою особливістю зелених рослин, ключовим джерелом формування їх біомаси. У процесі фотосинтезу рослини за рік утворюють близько 400 млрд. тонн органічної речовини, виділяючи близько 460 млрд. тонн кисню [121].

Все рослинництво – це система найкращого використання фотосинтетичної функції. Кожний агротехнічний прийом, який спрямований на збільшення урожайності, виявляється ефективним тоді коли він дає можливість одержувати в посівах площу листя, що швидко розвивається й досягає великих розмірів. Також якщо він підвищує інтенсивність фотосинтезу та сприяє найкращому використанню його продуктів [122, 123].

У формуванні асиміляційної поверхні посівів і її ефективності вагоме значення мають способи сівби. Вони забезпечують рівномірний розподіл рослин. В результаті оптимізуючи площу живлення кожної рослини, можна досягти максимальної ефективності її функціонування і засвоєння більшої частки фотосинтетичної активної радіації [124, 125].

4.1. Динаміка формування асиміляційної поверхні листків сої.

Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур, зокрема сої, у значній мірі залежить від площі листя та продуктивності фотосинтезу. За даними Петриченка В.Ф. [126], чим краще розвинена листкова поверхня, тим більше загальне накопичення сухої речовини.

В технології вирощування сої площу живлення рослин необхідно підбирати з урахуванням сортових і генетичних особливостей сорту, таким чином, щоб рослини рівномірно та повністю покривали поверхню ґрунту до початку фази цвітіння [53]. Адже, листя зрідженого посіву може освітлюватися світлом високої інтенсивності, але при цьому коефіцієнт корисної дії

фотосинтезу залишатиметься низьким. Загущені посіви з надмірно розвинутою листковою поверхнею можуть поглинати енергію сонячного світла достатньо ефективно, проте взаємне затемнення листя зумовить відмирання нижніх листків, знизить продуктивність фотосинтезу, що, в свою чергу, вплине на розвиток репродуктивних органів [127].

У рослин сої за вегетаційний період утворюється лише один листок в кожному вузлі нижнього ярусу. У випадку його видалення чи опадання новий листок на цьому ж вузлі не виростає. Значне загущення посівів сої сприяє відмиранню листків до 7 – 9 вузлів, що призводить до різкого зниження урожайності культури [128].

Найвищу продуктивність та найкращу за якістю продукцію сільськогосподарських рослин можна отримати в посівах з оптимальною за розмірами площею листків, оптимальним ходом її формування і структурою [129]. У таких посівах формується габітус рослини, який сприяє доброму освітленню, рівномірному утворенню на ній листків, бобів та насінин, високій інтенсивності фотосинтезу та врожайності насіння.

В результаті досліджень проведених протягом 2022-2024 рр. формування надземної маси і збільшення площі листкової поверхні рослин сої спостерігалося протягом вегетації до фази наливу насіння 44,9-49,9 тис. м²/га, коли рослини в більшій мірі потребують продуктів фотосинтезу для їх накопичення у насінні. Після чого вона зменшувалась 15,3-19,6 тис. м²/га це пов’язано з біологією культури, відбувається відмирання листків у нижніх ярусах рослини. Динаміка площі асиміляційної поверхні на різних етапах органогенезу свідчить про адаптивні зміни у функціонуванні фотосинтетичної системи рослин спрямовані на оптимізацію енергетичних та ресурсних витрат для досягнення максимальної продуктивності.

Варто зазначити сортову специфіку у прояві ознаки площі листкової поверхні. В результаті проведених досліджень було виявлено, що сорти сої дещо різнилися за даним показником. Найбільшу площу асиміляційної поверхні протягом дослідних років в фазу повного наливу насіння формували

посіви сорту Титан – 47,4тис. м²/га, дещо меншу сорт Паллада – 47,1 тис. м²/га та сорт Кобуко - 46,5 тис. м²/га.

У формуванні площі листкової поверхні посівів та ефективності їх використання важливе значення відіграють способи сівби. Забезпечуючи більш рівномірний розподіл рослин за площею живлення та оптимізуючи площу живлення кожної рослини, можна досягти максимальної ефективності її функціонування та засвоєння більшої частки фотосинтетичної активної радіації [18, 130].

В результаті досліджень відмічено значний вплив способів сівби на зміну площі листя в досліджуваних сортів сої. Найбільша площа листкової поверхні протягом 2022-2024 році у фазу повний налив насіння – 49,9 тис. м²/га та 48,3 тис. м²/га, зафіксована у сорту Титан та Кобуко, висіяного з шириною міжрядь 15 см, що на 6,4-9,8 % та 4,5-7,5 % більше порівняно з іншими варіантами (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Динаміка площі листкової поверхні залежно від способів сівби, тис. м²/га, 2022-2024 рр., *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	повна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	21,4 ±4,6	36,7 ±1,6	46,6 ±2,4	49,9 ±2,3	19,6 ±2,3
	Рядковий 30 см	18,6 ±5,6	35,1 ±1,5	42,6 ±1,7	46,9 ±3,2	18,9 ±1,9
	Широкорядний 45 см	15,1 ±4,2	33,4 ±1,8	41,2 ±1,1	45,5 ±3,6	17,7 ±1,5
Паллада	Рядковий 15 см	19,9 ±1,8	34,3 ±2,3	43,6 ±2,6	47,3 ±2,7	17,3 ±2,5
	Рядковий 30 см	18,7 ±3,7	36,8 ±1,2	44,0 ±2,1	49,1 ±2,4	18,4 ±2,5
	Широкорядний 45 см	14,6 ±2,9	33,9 ±1,4	41,1 ±2,3	45,0 ±2,1	15,3 ±3,2
Кобуко	Рядковий 15 см	17,2 ±2,9	36,7 ±1,5	44,8 ±2,2	48,3 ±3,3	19,1 ±1,8
	Рядковий 30 см	15,9 ±2,7	36,5 ±1,6	42,2 ±1,3	46,2 ±3,6	18,1 ±1,4
	Широкорядний 45 см	14,9 ±2,8	32,7 ±1,8	40,2 ±0,9	44,9 ±3,0	17,5 ±1,6

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

У сорту сої Паллада найбільша площа листкової поверхні 49,1 тис. м²/га відмічена на варіантах з шириною міжрядь 30 см. Збільшення або зменшення ширини міжрядь призвело зниження показника асиміляційної поверхні на 3,9-9,1 %.

В широкорядних посівах площа живлення має форму прямокутника, витягнутого в бік міжряддя тим сильніше, чим ширше міжряддя. За звичайної рядкової сівби з міжряддями 15 см або 30 см форма площі живлення наближається до квадрата, що покращує умови освітлення, водоспоживання, живлення і рослини формують більшу площу листкової поверхні.

Провівши кореляційно – регресійний аналіз, встановлено також, що існує сильний позитивний зв'язок між площею листкової поверхні та способом сівби. Коефіцієнт кореляції дорівнював для сорту Титан r = 0,972, Паллада r = 0,866 та Кобуко r = 0,999.

Схожі результати досліджень були отримані іншими науковцями. При проведенні досліджень в умовах ННВЦ «Дослідне поле» ХНАУ ім. В.В. Докучаєва на рядкових посівах площа листкової сої поверхні була більшою, ніж на широкорядних посівах. У рослин сої сорту Байка у фазі 3 листка різниця становила 0,5 і 1,4 тис м^2/га за ширини міжрядь відповідно 45 і 70 см. У період цвітіння різниця зростала відповідно до 1,1 і 2,2 тис м^2/га за способами сівби. У фазу утворення бобів за максимальної площі листків різниця становила – 1,3 і 2,6 тис м^2/га [131].

В умовах Лісостепу рядковий спосіб сівби формував збільшену площу листкової поверхні в порівнянні з широкорядним у сорту Романтика - на 0,8 тис. м^2/га, у сорту Устя – на 0,7 тис. м^2/га та у сорту Ворскла – на 0,6 тис. м^2/га [132].

Також було відмічено, що на площу асиміляційної поверхні рослин сої мав значний вплив рівень вологозабезпечення вегетаційного періоду та середньодобова температура, які значно різнилися за роками. Перший рік досліджень 2022 р. був сприятливим для росту та розвитку листкової поверхні. В цей рік площа листя варіювала в межах 51,8-53,7 тис. м^2/га, при цьому випало

466,0 мм опадів, що складало 141,2 % опадів від середньої багаторічної норми, а середньодобова температура 17,6 ^{o}С майже дорівнювала багаторічним даним. Тоді як у 2023 та 2024 роках кількість опадів за вегетаційний період бобів кормових складала 220,9 мм та 224,2 мм, що становило 67,0 % та 68,0 % від середнього багаторічного показника, середньодобова температура була вищої ніж багаторічні дані на 2-3 ^{o}С. В зв'язку з цим вегетація культури характеризувалася дефіцитом вологи особливо в критичні періоди росту, що в кінцевому результаті призвело до зменшення площі асиміляційної поверхні відповідно до 42,1-45,9 тис. м^2/га та 50,0-50,8 тис. м^2/га, що менше на 1,8-9,7 тис. м^2/га порівняно з висотою в інші досліджувані роки (додаток Б).

Дана залежність описується рівнянням лінійної регресії:

$y = 0{,}0102x + 45{,}477;$

де у – площа асиміляційної поверхні, тис. м^2/га; х – кількість опадів за вегетаційний період, мм. Коефіцієнт кореляції становив r = 0,731.

Отже, встановлено, що величина листкової поверхні сої залежала від генотипу сорту та досліджуваних прийомів технології вирощування. Протягом 2022-2024 рр. найбільша площа листкового апарату дослідних сортів Титан 49,9 тис. м²/га та Кобуко 48,3 тис. м²/га встановлена на варіантах, де сівбу проводили з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – 49,1 тис. м²/га на варіантах з шириною міжрядь 30 см. Також з'ясовано, що із збільшенням ширини міжрядь до 45 см у сортів відбувалося зменшення величини листкової поверхні на 7,5-9,8 %.

4.2. Вплив способу сівби на фотосинтетичний потенціал посіву сої.

Рівень урожайності сої формується в процесі фотосинтезу. Енергія сонячного проміння переходить в енергію рослинної біомаси. Збільшення розмірів листової поверхні і збільшення періоду її активної діяльності дає змогу підвищити коефіцієнт використання рослинами сонячної радіації [133]. Однак створення оптимальної площі листя, що забезпечує засвоєння сонячної радіації

посівами, можливе за оцінювання фотосинтетичного потенціалу посівів і його реалізації у період вегетації та розвитку рослин культури [103].

Фотосинтетичний потенціал – це один із найважливіших параметрів, з яким рівень урожайності корелює найчастіше і показує, як фотосинтезуюча система і протягом якого часу працює над створенням врожаю [134].

Висока продуктивність агробіоценозу забезпечується за умов, якщо фотосинтетичний потенціал досягає оптимальної величини у більш ранні фази росту і розвитку рослин, а потім активно працює до дозрівання насіння та опадання листків [135].

Соя є досить чутливою до фотоперіодизму та інтенсивності освітлення. Одержання максимально можливої для того чи іншого сорту сої продуктивності залежить від тих складових технологій, які забезпечують формування оптимальної площі листкової поверхні та тривалості її фотосинтетичної активності. Розуміння про фотосинтетичний потенціал сої дозволяє вдосконалювати агротехніку вирощування, оптимізувати використання ресурсів, а також розробляти більш продуктивні заходи для її вирощування [132].

Встановлено, що протягом 2022-2024 років досліджень, у період вегетації сої фотосинтетичний потенціал поволі зростав від 0,380-0,534 млн. м² днів/га і досягав максимальних показників в період повний налив насіння до повної стиглості 3,731-4,250 млн. м² днів/га.

Оскільки фотосинтетичний потенціал розраховується на основі показників площі листя, тому прослідковується схожа тенденція. Величина фотосинтетичного потенціалу знаходилася в прямій залежності від умов року, агротехнічних заходів та змінювалася аналогічно динаміці формування листової поверхні.

При порівнянні фотосинтетичного потенціалу сортів які були поставлені на вивчення протягом 2022-2024 рр. при рівних умовах вирощування і за однакових агротехнічних прийомів спостерігалася перевага сорту Титан –

4,010 млн. м² днів/га. Різниця в значеннях фотосинтетичного потенціалу між сортом Паллада та Кобуко складала відповідно 0,055 млн. м² днів/га.

Підбір оптимальних варіантів способів сівби за умов достатнього зволоження і поживного режиму може забезпечити максимальні показники фотосинтетичного потенціалу рослин сої. Оцінюючи фотосинтетичний потенціал досліджено, що кращий його показник сорту Титан та Кобуко сформувався на варіантах де сівбу сої проводили з міжряддям 15 см та становив у сорту Титан 4,250 млн. $м^2$ днів/га та Кобуко – 4,125 млн. $м^2$ днів/га. Для сорту Паллада більш ефективною виявилась сівба з міжряддям 30 см, показник становив– 4,166 млн. $м^2$ днів/га. За таких умов вирощування показники були більшими порівняно з іншими варіантами відповідно на 5,9-12,8 %, 3,0-9,8 % та 3,6-10,6 %.

Таблиця 4.2

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу залежно від способів сівби, млн. м² днів/га (2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Періоди росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи-3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок-початок цвітіння	початок цвітіння-кінець цвітіння	кінець цвітіння-повний налив насіння	повний налив насіння-повна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,534 ±0,1	0,968 ±0,2	2,145 ±0,3	3,437 ±0,4	4,250 ±0,3
	Рядковий 30 см	0,473 ±0,1	0,886 ±0,2	1,995 ±0,3	3,219 ±0,3	4,012 ±0,3
	Широкорядний 45 см	0,384 ±0,1	0,758 ±0,1	1,822 ±0,2	3,007 ±0,3	3,768 ±0,2
Паллада	Рядковий 15 см	0,519 ±0,1	1,028 ±0,1	2,142 ±0,1	3,472 ±0,1	4,044 ±0,2
	Рядковий 30 см	0,484 ±0,1	1,010 ±0,2	2,166 ±0,2	3,505 ±0,3	4,166 ±0,3
	Широкорядний 45 см	0,383 ±0,1	0,841 ±0,1	1,915 ±0,2	3,168 ±0,2	3,794 ±0,2
Кобуко	Рядковий 15 см	0,444 ±0,1	0,928 ±0,2	2,087 ±0,3	3,382 ±0,5	4,125 ±0,4
	Рядковий 30 см	0,412 ±0,1	0,881 ±0,2	1,999 ±0,3	3,249 ±0,4	3,983 ±0,3
	Широкорядний 45 см	0,387 ±0,1	0,812 ±0,2	1,847 ±0,3	3,036 ±0,4	3,731 ±0,3

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Проте з наукової літератури відомо, що добрими вважаються посіви, фотосинтетичний потенціал яких становить 2,2 – 3,0 млн. м^2 днів/га, середніми 1,0 – 1,5 млн м^2 днів/га і поганими 0,5 – 0,7 млн. м^2 днів/га [88]. Тому можна стверджувати, що на усіх варіантах досліду посіви мали високий рівень фотосинтетичного потенціалу та формували високу господарську продуктивність.

За роки досліджень найвищий фотосинтетичний потенціал посівів сої у розрізі варіантів досліду формувався в умовах 2022 року, і становив 4,193-4,923 млн. м^2 днів/га, протягом вегетації рослин в 2024 році показник був нижчим на 14,0-17,6 % та становив 3,678-4,185 млн. м^2 днів/га, а в умовах 2023 року фотосинтетичний потенціал посівів був найнижчим і дорівнював, відповідно 3,322-3,808 млн. м^2 днів/га (Додаток В).

Таким чином, в умовах правобережного Лісостепу формування фотосинтетичного потенціалу дослідних сортів сої в значній мірі залежало від факторів, що вивчались. Протягом 2022-2024 рр. сівба сої з міжряддям 15 см збільшувала показник фотосинтетичного потенціалу сорту Титан до 4,250 млн. м^{2}днів/га та Кобуко – до 4,125 млн. м^{2}днів/га, а посів сорту Паллада з міжряддям 30 см - до 4,166 млн. м^{2}днів/га, що більше порівняно з рядковим способом сівби з міжряддям 15 см або 30 см на 3,0-5,9 %, а з широкорядним способом сівби з міжряддям 45 см - на 9,8-12,8 %.

4.3. Концентрація хлорофілу в листках рослин сої залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування.

Основою життя і розвитку рослинного організму є фотосинтез, який у поєднанні з асиміляцією мінеральних елементів ґрунту створює основу для формування врожаю [136]. Разом із тим фотосинтетична діяльність рослин визначається низкою чинників, у тому числі й умовами вирощування та впливом на посіви біотичних і абіотичних складових агроценозів.

Для проходження фотосинтезу в клітинах рослин необхідна наявність

хлорофілу. Відомо, що у рослинних організмах вміст хлорофілів А і В є чутливим індикатором інтенсивності фотосинтезу. Хлорофіл А і хлорофіл В відіграють обов'язкову роль у фотосинтезі рослин. Основним пігментом, відповідальним за фотосинтез, є хлорофіл А. Хлорофіл В поглинає сонячне світло, щоб передати його хлорофілу А. Хлорофіл А відображає синьо-зелене світло, а хлорофіл В – оранжево-червоне світло [137, 138]

Наукові літературні джерела свідчать, що пігменти є носіями адаптивних властивостей фотосинтезуючих складових за несприятливих умов навколишнього середовища. Попередні дослідження вказують на наявність тісного кореляційного зв'язку між умістом суми хлорофілів та урожайністю сільськогосподарських культур. Продуктивність асимілюючої поверхні рослин залежить від умісту пігментів [139, 140].

Об'єктивніше уявлення про ефективність поглинання сонячної енергії фотосинтетичною поверхнею і роль хлорофілу в адаптивному, а тому й у продукційному процесі дає показник відношення маси пігменту до площі або одиниці площі органа, що його містить. Він визначає ефективність поглинання сонячної енергії фотосинтезуючою поверхнею і характеризує роль хлорофілу в продукційному процесі [137].

Одним з найбільш дієвих засобів регулювання фотосинтетичної діяльності рослин у польових умовах є створення оптимальної структури посіву за допомогою способів сівби та умов кореневого живлення [141, 142].

Виявлення закономірностей зміни вмісту пігментного складу листків сої надасть можливість управління процесами розвитку посівів, формування органічної речовини рослинами та їх зернової продуктивності.

Аналіз взаємодії досліджуваних елементів технології показав, що ефект оптимізації розподілу рослин за площею живлення на варіабельність показників вмісту хлорофілу у листках рослин сої значною мірою зумовлювався вибором способу сівби. Зокрема, вміст хлорофілу а за сівби дослідних сортів сої широкорядним способом у середньому за роки досліджень становив 0,98-1,07 мг/г сирої маси. При використанні сівби з шириною міжрядь 30 см порівняно із широкорядним вміст хлорофілу зріс на 4,1-13,2 %. Сівба сої вузькорядним способом 15 см сприяла зростанню вмісту до 5,7-13,1 %

порівняно з шириною міжрядь 45 см.

Схожа тенденція простежувалася і за визначення вмісту хлорофілу b. Ефективність щодо підвищення вмісту хлорофілу b простежувалася за сівби сої з шириною міжрядь 15 см та 30 см – на цих варіантах досліду значення такого фотосинтетичного показника підвищилося порівняно з широкорядним способом у середньому за роки досліджень відповідно на 1,6-6,0 % і 1,6-8,0 %.

Щодо суми пігментів a+b у листках сої, то найбільший їх вміст спостерігався у сорту Титан – 1,76 мг/г сирої маси за сівби сої вузькорядним способом 15 см. У сорту Кобуко найбільш ефективним виявися аналогічний спосіб сівби, проте значення було меншим – 1,67 мг/г сирої маси.

Таблиця 4.3

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках сої у фазу повне цвітіння за різних способів сівби (у середньому за 2022-2024 рр.)

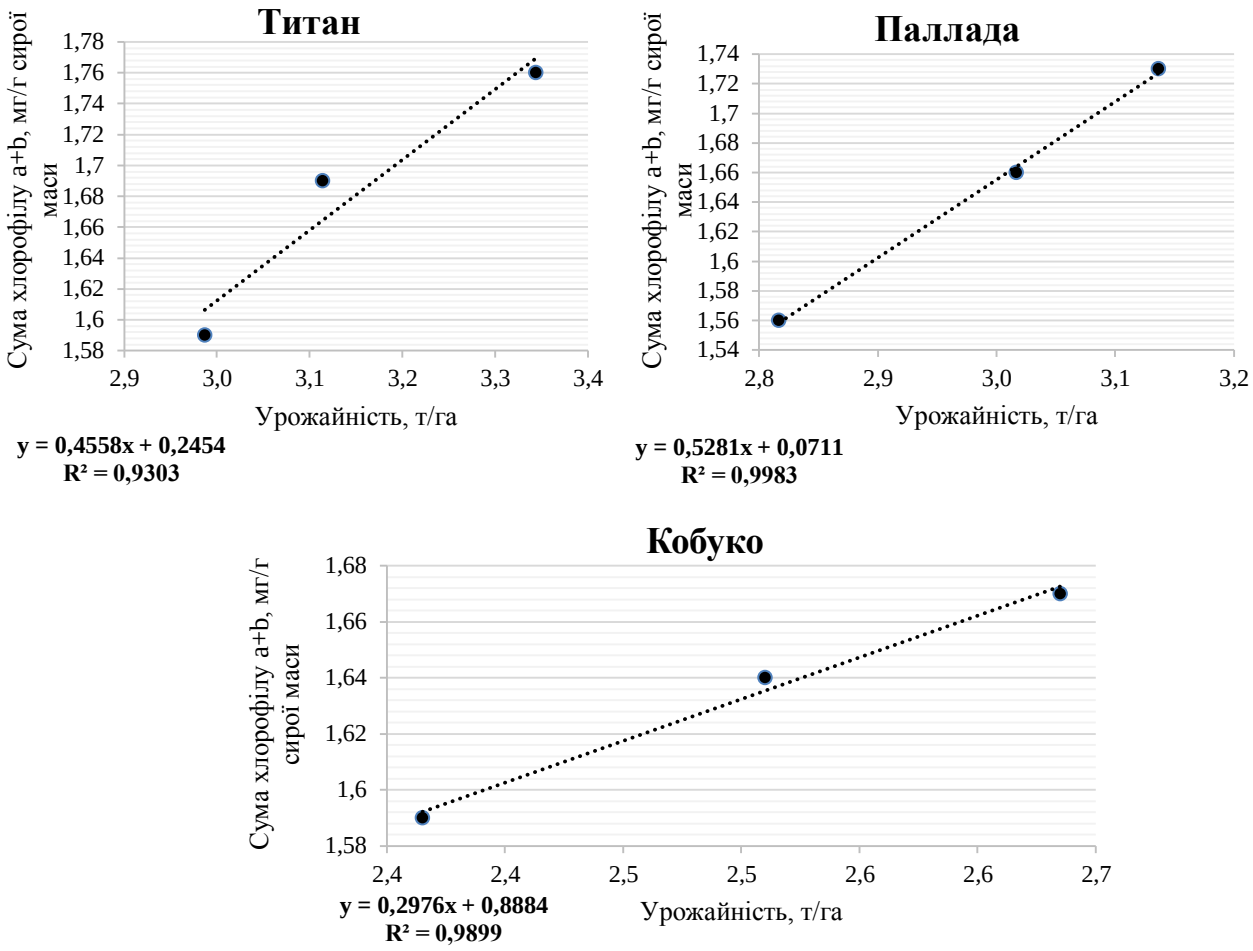
Сорт	Спосіб сівби	Вміст пігментів, мг/г сирої маси			
		Хлорофіл a	Хлорофіл b	Сума хлорофілів (a+b)	a/b
Титан	Рядковий, 15 см	1,21	0,55	1,76	2,20
	Рядковий, 30 см	1,15	0,54	1,69	2,13
	Широкорядний, 45 см	1,07	0,52	1,59	2,06
Паллада	Рядковий, 15 см	1,12	0,54	1,66	2,07
	Рядковий, 30 см	1,20	0,53	1,73	2,26
	Широкорядний, 45 см	1,06	0,50	1,56	2,12
Кобуко	Рядковий, 15 см	1,05	0,62	1,67	1,69
	Рядковий, 30 см	1,02	0,62	1,64	1,65
	Широкорядний, 45 см	0,98	0,61	1,59	1,61

Найбільше зростання хлорофілу a+b у сорту Паллада – 1,73 мг/г сирої маси відмічено при сівбі з шириною міжрядь 30 см. Прирости для сортів становили відповідно 6,3-10,7 %, 3,5-6,5 % та 6,4-10,9 %. Проведений регресійний аналіз для дослідних сортів Титан та Кобуко виявив сильний кореляційний зв’язок r =0,994, r =0,989 та середній для сорту Паллада r =0,664 між шириною міжрядь та вмістом суми хлорофілів a+b у листках сої. Ці результати узгоджуються з даними інших дослідників [143, 144].

Також важливим фотосинтетичним показником є відношення хлорофілів

a/b, що характеризує здатність рослин пристосовуватися до різних умов середовища. Зазвичай відношення хлорофілів a/b є стабільним, але змінюється зі дії несприятливих умов середовища у такій залежності: відношення хлорофілів a/b зменшується за несприятливих умов [145]. Також є дані, що відношення хлорофілів a/в може корелювати з ростовими процесами рослин на ранніх стадіях розвитку, впливаючи на потенціал врожайності [146].

Визначення відношення хлорофілів a/b показало, що у середньому за роки досліджень воно коливалося на дослідних варіантах залежно від способу сівби у межах від 1,61 до 2,26 рази. Найбільше співвідношення у сортів Титан та Коуко 2,20 та 1,69 було при сівбі з шириною міжрядь 15 см, у сорту Паллада – 2,26 за черезрядного способу сівби (30 см). Зниження показника відносно даних варіантів становило 2,7-8,2 %.



де у – урожайність, т/га; х – вміст суми хлорофілів a+b мг/г сирої маси

Рис. 4.1. Кореляційна залежність між урожайністю та вмістом суми хлорофілів a+b, 2022-2024 рр.

На основі проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлено сильний позитивний зв'язок між урожайністю та сумою хлорофілу a+b. Коефіцієнт кореляції становив r = 0,964, r = 0,998 та r = 0,994.

Отже, сівба сої сорту Титан та Кобуко способом сівби з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада - з шириною міжрядь 30 см сприяє більш активному порівняно із широкорядним способом накопиченню хлорофілів a та b, і їх суми. На цих варіантах досліду значення таких фотосинтетичних показників підвищилося порівняно з широкорядним способом у середньому за роки досліджень відповідно на 4,1-13,2 %, 1,6-8,0 % та 3,5-10,9 %.

4.4. Вплив способів сівби на чисту продуктивність фотосинтезу.

Важливим показником фотосинтетичної діяльності в посівах сої є чиста продуктивність фотосинтезу, що характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю протягом доби в розрахунку на 1 $м^2$ листкової поверхні рослин.

Чиста продуктивність фотосинтезу залежить від біологічних особливостей культури та від ряду зовнішніх факторів таких як: сонячна радіація, температура повітря, вологість ґрунту, рівень мінерального живлення та площа живлення рослини [147]. На відміну від загальної продуктивності фотосинтезу, чиста продуктивність не містить органічної маси, яка витрачається рослинами на дихання, а тільки ту, що накопичується за добу. В результаті, вона повніше, ніж площа листкової поверхні, відображає справжні можливості синтезу органічної речовини агробіоценозом. Вона є одним з важливих параметрів, з яким корелює рівень урожайності.

За твердженням Зінченка О.І. [148] встановлено, що задовільними є показники чистої продуктивності фотосинтезу, що мають значення в межах 3–4 г/$м^2$ за добу, хороші – 4-6, дуже хороші – понад 6 г сухої речовини на 1 $м^2$ площі листків за добу.

Академік В.Ф. Петриченко, вважає, що дослідження динаміки

формування показників чистої продуктивності фотосинтезу впродовж вегетаційного періоду рослин дає можливість виявити лімітуючий чинник у реалізації генетичного потенціалу сорту зернобобових культур [149]

Протягом 2022-2024 рр. проведення досліджень, виявлено, що динаміка ЧПФ протягом вегетаційного періоду сої набувала різного характеру. Від фази сходів до початку цвітіння вона зростала та набувала абсолютного максимуму, а від фази цвітіння зменшувалася. Таке явище відбувається наслідок того, що зі збільшенням розміру рослини зростає частка нефотосинтезуючих органів, механічних і провідних тканин, а також сильно затінених листків та тих, що відмирають. За період кінець цвітіння – повний налив насіння продуктивність фотосинтезу знову збільшувалась, хоча дещо менше порівняно з першим зростанням, і в подальшому в фазу фізіологічної стиглості знову зменшувалася. В результаті аналізу даних, визначено синусоїдний характер формування показників чистої продуктивності (рис. 4.2).

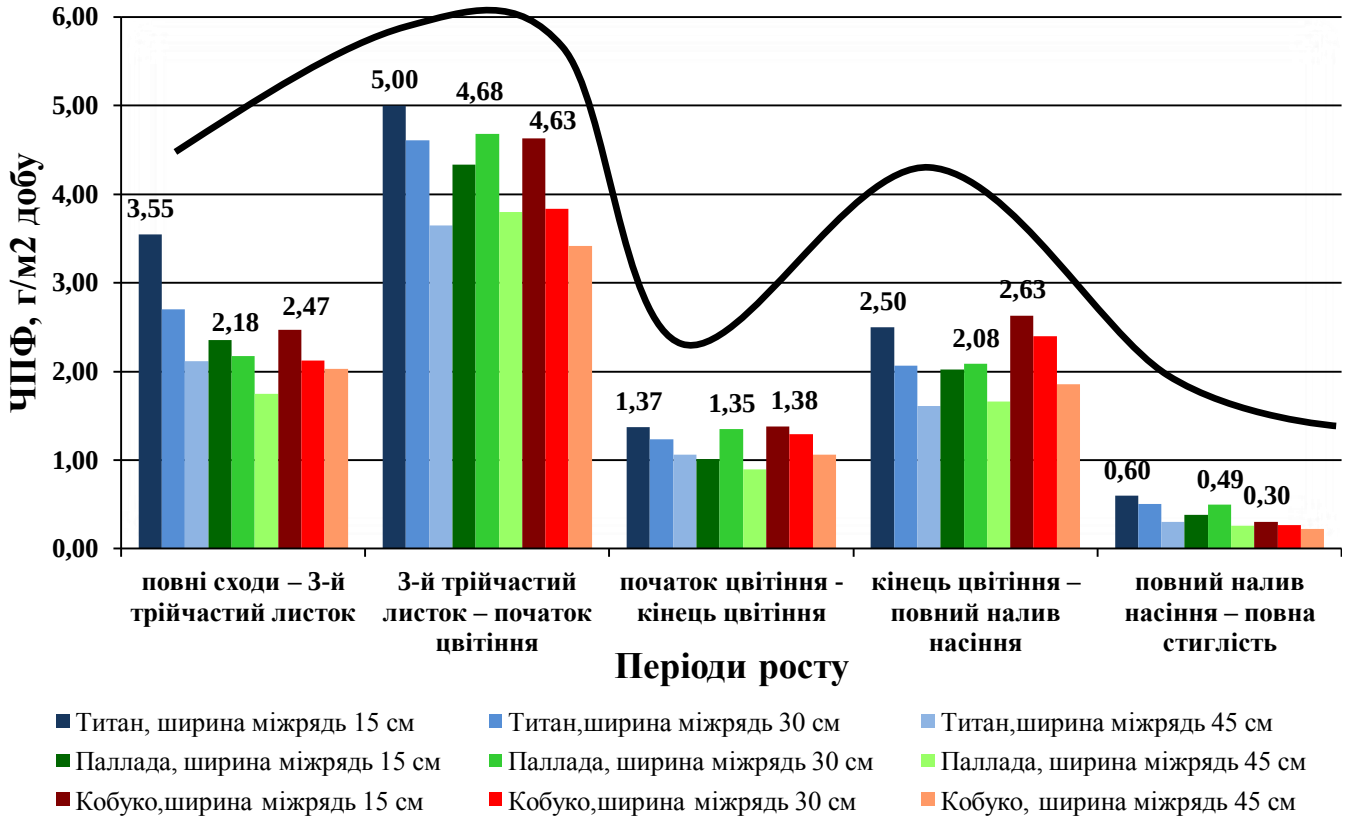


Рис. 4.2 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу залежно від способів сівби, г/м^2 за добу (у середньому за 2022–2024 рр.)

Результати досліджень свідчать, що чиста продуктивність фотосинтезу, в середньому за вегетаційний період сої, залежно від способів сівби змінювалася від 3,41 до 5,00 г/м^2 добу, її максимум припадав на період 3-й трійчастий листок-початок цвітіння (рис. 4.1).

Максимальну біосинтетичну продуктивність одиниці площі листкової поверхні рослин сої було отримано за сівби з шириною міжрядь 15 см та 30 см, що обумовлено збільшенням площі живлення однієї рослини та можливістю генерувати більші обсяги органічної речовини з одиниці площі.

На даних варіантах найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу протягом вегетації відмічено у рослин сорту Титан, протягом періоду 3-й трійчастий листок-початок цвітіння ЧПФ становила 5,00 г/м^2 за добу, дещо нижчою вона була у сортів Паллада – 4,68 г/м^2 за добу та Кобуко – 4,63 г/м^2 за добу.

Чиста продуктивність фотосинтезу є якісною характеристикою роботи фотосинтетичного апарату рослини. Вплив ширини міжряддя на величину цього показника вивчався багатьма дослідниками. Результати досліджень Міхєєва В.Г. [48], Т. П. Шепілової [150], М. П. Костенка [151], М.І. Харченка [152] та Н. В. Новицької [153] свідчать про зниження чистої продуктивності фотосинтезу за умови збільшення ширини міжрядь, що підтвердилось також нашими дослідженнями.

Сівба рослин сої широкорядним способом з міжряддями 45 см призводила до зниження показника ЧПФ у всіх дослідних сортів. У сорту Титан показник становив 3,65 г/м^2 за добу, Паллада – 3,80 г/м^2 за добу та Кобуко – 3,41 г/м^2 за добу. Це можна пояснити наростанням конкуренції між окремими рослинами при зменшенні площі живлення та погіршенням умов освітлення, особливо листя нижнього ярусу. Такі умови негативно впливали на інтенсивність фотосинтезу. Проте, звуження ширини міжрядь від 45 до 15 см або 30 см призводило до збільшення чистої продуктивності відповідно на 0,96-1,35 г/м^2 за добу, 0,53-0,88 г/м^2 за добу та 0,43-1,22 г/м^2 за добу.

В результаті проведених досліджень протягом 2022-2024 рр. можна

зробити висновок, що звуження ширини міжрядь від 45 до 15 см призводило до підвищення показника чистої продуктивності фотосинтезу. Протягом періоду 3-й трійчастий листок – початок цвітіння найвищий показник у сорту Титан становив 5,00 г/м^2 за добу та Кобуко до 4,63 г/м^2 за добу при ширині міжрядь 15 см, у сорту Паллада при ширині міжрядь 30 см до 4,68 г/м^2 за добу, що більше відповідно на 0,39-1,35 г/м^2 за добу, 0,79-1,22 г/м^2 за добу та 0,35-0,88 г/м^2 за добу, порівняно із іншими способами сівби.

4.5. Динаміка накопичення сухої речовини в онтогенезі рослин сої.

Накопичення органічної речовини в процесі вегетації рослин сої у період активного росту та розвитку є основною похідною процесу фотосинтезу, яка характеризує продуктивність посівів. Цей процес є відбитком життєдіяльності рослинного організму на кожному етапі його росту та розвитку в конкретних умовах навколишнього середовища [154]. А також важливим показником діагностики рівня їх продуктивності та встановлення найдоцільніших прийомів вирощування [155].

У зернобобових найбільш високі прирости біомаси формуються в період утворення та розвитку генеративних органів. Максимальне наростання біомаси відбувається в період росту бобів і може досягати у сої 150 кг/га на добу. У період наливу насіння кількість сирої біомаси зменшується у зв'язку з поступовим відмиранням листя, а також зменшенням вмісту вологи в рослинах. Суха біомаса продовжує збільшуватися і досягає максимального рівня в кінці періоду наливу насіння.

Майже 95 % сухої речовини формується рослинами завдяки фотосинтезу. Частка елементів мінерального живлення у сумарному урожаї сухої речовини не перевершує 5-10 % [147, 156].

Досліджено, що оптимальне накопичення сухої речовини рослинами сої значною мірою обумовлюється агротехнологічними прийомами вирощування, здатними забезпечити найбільш тривалу роботу листкового апарату,

максимальне використання енергії сонячної радіації на фотосинтез і формування високого урожаю [157].

Аналіз результатів досліджень показує, що на початкових фазах росту й розвитку рослин сої приріст сухої надземної маси проходить у міру формування листкового апарату, далі поступово зростає і досягає свого максимуму у фазі повної стиглості [158].

Протягом 2022-2024 рр., встановлено, що найменшими показники накопичення сухої речовини рослинами сої 0,62-1,81 т/га були у фазу 3-й трійчастий листок. У подальші фази вегетації рослин виявлено суттєве підвищення сухої речовини у посівах сої, найбільша кількість спостерігалась у фазу повна стиглість 5,55-6,40 т/га (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Динаміка накопичення сухої речовини рослинами сої залежно від сорту та способу посіву 2022-2024 рр., т/га, *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	повна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	1,81 ±0,6	3,29 ±0,4	5,12 ±0,5	5,83 ±0,6	6,40 ±0,5
	Рядковий 30 см	1,05 ±0,4	2,83 ±0,6	5,34 ±0,6	5,72 ±0,6	6,08 ±0,5
	Широкорядний 45 см	0,77 ±0,1	2,51 ±0,2	4,48 ±0,4	5,34 ±0,5	5,89 ±0,5
Паллада	Рядковий 15 см	1,09 ±0,4	2,62 ±0,8	5,39 ±0,2	5,90 ±0,2	6,23 ±0,3
	Рядковий 30 см	0,93 ±0,3	2,88 ±1,1	5,09 ±0,1	6,06 ±0,2	6,35 ±0,3
	Широкорядний 45 см	0,62 ±0,2	2,59 ±0,6	4,47 ±0,3	5,11 ±0,6	5,79 ±0,4
Кобуко	Рядковий 15 см	1,52 ±0,4	2,68 ±0,8	5,16 ±0,2	5,78 ±0,3	6,25 ±0,4
	Рядковий 30 см	1,44 ±0,5	2,62 ±0,5	4,96 ±0,2	5,67 ±0,4	6,10 ±0,4
	Широкорядний 45 см	1,33 ±0,5	2,45 ±0,2	4,63 ±0,3	5,36 ±0,4	5,90 ±0,4

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Накопичення рослинами органічних речовин є результатом складних

процесів, що відбуваються в клітинах, тканинах та органах. Створення оптимальних умов кореневого живлення рослин оптимізує до більш продуктивного використання та накопичення більшої кількості органічної маси, її перерозподілу по відповідних органах і, як результат, формуванню більшої урожайності [159].

У ході проведення досліджень було встановлено, що наростання надземної біомаси та кількість сухої речовини змінювалось залежно від біологічних особливостей сорту, найбільшу кількість в середньому 6,12 т/га накопичували посіви сорту Титан та Паллада, дещо меншу сорт Кобуко – 6,08 т/га.

Аналіз ефективності впливу способів сівби на накопичення сухої речовини показав, що широкорядний спосіб сівби забезпечив формування найменшої кількості сухої речовини на рівні 5,79-5,90 т/га. Сівба сої з шириною міжрядь 30 см сприяла інтенсивнішому росту рослин, накопиченню більшої кількості вегетативної маси і як результат зростанню кількості сухої речовини до 6,08-6,35 т/га з одиниці площі залежно від сорту, що більше на 3,3-9,6 %. При сівбі сої вузькорядним способом з шириною міжрядь 15 см кількість сухої речовини, що накопичували посіви змінювалась від 6,23 т/га до 6,40 т/га та забезпечила приріст 6,0-8,7 %.

Аналогічний вплив способу сівби на рослини сої відмічено у інших дослідженнях. В умовах Західного Лісостепу у ранньостиглих сортів Монада і КиВін спостерігався достовірний позитивний вплив на збір сухої речовини звичайного рядкового способу сівби, який сприяв його збільшенню на 1,84–3,76 т/га, порівняно з широкорядним [159]. Протягом 2011-2013 рр. сухої речовини накопичувалося найбільше на варіанті розрідженого посіву (30 см). У середньому в сорту Романтика на цьому варіанті досліду за період сходів–початку цвітіння сухої речовини накопичувалося 1,80 т/га; за період початку цвітіння–кінця цвітіння – 3,99; цвітіння–утворення бобів – 6,39; утворення бобів–наливу насіння – 5,97 т/га. Порівняно з іншими варіантами досліду цей показник був більшим на 9-25; 3-14; 3-27; 8-28 % відповідно до міжфазних

періодів [160].

Залежність кількості сухої речовини від способу сівби описується рівнянням кореляційно-регерсійного аналізу:

Сорт Титан

$y = -0{,}1697\ x + 6{,}5767,$ (4.2)

Коефіцієнт кореляції r = 0,999

Сорт Паллада

$y = -0{,}1188\ x + 6{,}4413,$ (4.3)

Коефіцієнт кореляції r = 0,779

Сорт Кобуко

$y = -0{,}1148\ x + 6{,}0434,$ (4.4)

Коефіцієнт кореляції r = 0,962

де y – суха речовина, т/га; x – способи сівби.

Отримані експериментальні дані щодо накопичення сухої речовини рослинами сої свідчать про вплив гідротермічних умов на вказаний показник.

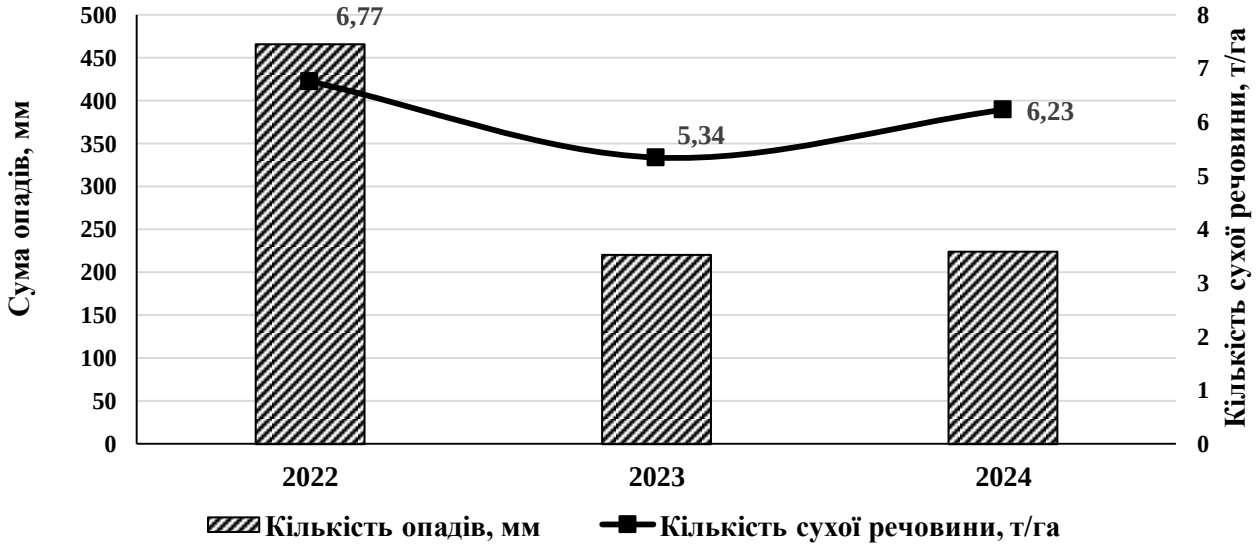


Рисунок 4.3. Залежність кількості сухої речовини від кількості опадів за вегетаційний період 2022-2024 рр.

У 2022 році, більш сприятливому за режимом зволоження, маса сухої речовини в середньому становила 6,77 т/га залежно від варіантів досліду (рис.4.3). За сезон 2023 року нагромадження сухої речовини рослинами було меншим на 26,8 % та становило 5,34 т/га, внаслідок підвищеної

середньодобової температури та нестачі і нерівномірного розподілу опадів. Під час вегетації 2024 року посіви сої накопичували в середньому 6,23 т/га сухої речовини, що на 16,7 % більше порівняно з попереднім роком.

Таким чином, наведені експериментальні дані протягом 2022-2024 рр. свідчать, що накопичення сухої речовини істотно змінюється залежно від способів сівби та гідротермічних умов року досліджень. Створення оптимальної структури посіву позитивно впливає на нагромадження сухої речовини рослинами сої та забезпечує найвищі показники збору з одиниці площі. Сівба сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см зумовила формування найбільшого показника накопичення сухої речовини у сорту Титан 6,40 т/га, дещо меншого у сорту Паллада – 6,35 т/га та Кобуко – 6,25 т/га, що було більшим порівняно з іншими варіантами на 3,3-8,7 %, 3,4-6,0 % та 7,7-9,6 %.

4.6. Особливості поглинання фотосинтетичноактивної радіації посівами сої залежно від способів сівби.

Необхідна умова фотосинтезу – енергія сонячної радіації. Слід створювати такі посіви, в яких листкова поверхня поглинала б енергію сонця з найбільш можливо високим коефіцієнтом корисної дії для створення максимальної біомаси та зосередження її в господарськоцінній частині врожаю.

У процесі фотосинтезу бере участь не вся сонячна енергія, а тільки її видима частина – фотосинтетично активна радіація (ФАР) з довжиною хвиль – 380-720 нм. Ці промені поглинаються хлорофілом і є енергетичною основою фотосинтезу. Енергія ФАР становить близько 50 % загальної енергії сонячної радіації [161].

Об'єктивним показником величини рівня урожайності може служити коефіцієнт використання ФАР. Середні врожаї відповідають 0,5-2,0 % використання фотосинтетичної активної радіації, а гарні врожаї відповідно - 2-3 % [162].

З наукових літературних джерел відомо, що поглинання та розміри використання сонячної енергії ФАР значною мірою залежать від технології вирощування культури. Відмічено, що вузькорядний спосіб сівби сої створює кращі умови для використання сонячної енергії, порівняно з широкорядним [49, 163].

За рівномірного розподілу культурних рослин площею листовий апарат отримує однаковий доступ до сонячного світла. Завдяки цьому поліпшуються фотосинтетична поверхня рослин і процес фотосинтезу [164]. Звуження ширини рядків сої на полях призводить до раннього змикання рядків, що може збільшити поглинання сонячного випромінювання (ФАР). Теоретично це має підвищити врожайність насіння. Отриманні у США дані свідчать про перевагу вузьких міжрядь в урожайності сої [165]. В умовах Західного Лісостепу України сонячну радіацію краще поглинають рядкові посіви сої [166]. Дані спостереження також були підтверджені результатами наших дослідів.

Результати досліджень, отримані в умовах Правобережного Лісостепу, свідчать про те, що найбільше сонячної радіації протягом вегетаційного періоду 2022-2024 року поглинали посіви сорту Титан, при цьому у період налив насіння – повна стиглість коефіцієнт використання ФАР в середньому становив 1,50 %.

Ці дані свідчать про те, що для збільшення поглинання і використання сонячної енергії посівами сої істотне значення мають генетично зумовлені сортові особливості.

Також в результаті досліджень виявлено вплив способів сівби на використання сонячної радіації. Найбільш підвищений показник 1,56 % у даного сорту виявлений при сівбі насіння з шириною міжрядь 15 см, що більше на 0,07-0,12 % порівняно з іншими варіантами (табл. 4.5).

Ідентичний показник коефіцієнта використання сонячної радіації в середньому 1,50 % був визначений у посівах сорту Паллада. Максимальний значення використання ФАР посіву цього сорту формувався на ділянках досліду

з шириною міжрядь 30 см. Показник становив 1,55 %, що більше відповідно на 0,03 % та 0,13 % ніж на ділянках з шириною міжрядь 15 см та 45 см.

Таблиця 4.5

Коефіцієнт використання ФАР посівами сої залежно від елементів технології вирощування,% (у середньому за 2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Періоди росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи-3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок-початок цвітіння	початок цвітіння-кінець цвітіння	кінець цвітіння-повний налив насіння	повний налив насіння-повна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,44 ±0,14	0,80 ±0,10	1,25 ±0,12	1,43 ±0,14	1,56 ±0,13
	Рядковий 30 см	0,26 ±0,09	0,69 ±0,15	1,30 ±0,15	1,40 ±0,14	1,49 ±0,12
	Широкорядний 45 см	0,19 ±0,04	0,61 ±0,05	1,09 ±0,10	1,30 ±0,12	1,44 ±0,13
Паллада	Рядковий 15 см	0,27 ±0,11	0,64 ±0,19	1,32 ±0,06	1,44 ±0,05	1,52 ±0,07
	Рядковий 30 см	0,23 ±0,07	0,70 ±0,26	1,24 ±0,04	1,48 ±0,06	1,55 ±0,08
	Широкорядний 45 см	0,15 ±0,04	0,63 ±0,14	1,09 ±0,06	1,25 ±0,13	1,42 ±0,11
Кобуко	Рядковий 15 см	0,37 ±0,10	0,65 ±0,19	1,26 ±0,05	1,41 ±0,08	1,53 ±0,09
	Рядковий 30 см	0,35 ±0,12	0,64 ±0,12	1,21 ±0,05	1,39 ±0,11	1,49 ±0,10
	Широкорядний 45 см	0,32 ±0,12	0,60 ±0,03	1,13 ±0,07	1,31 ±0,10	1,44 ±0,11

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Найнижчий коефіцієнт сонячної радіації спостерігався у сорту Кобуко 1,49 %. Залежно від способу сівби найкращим був також варіант з шириною міжрядь 15 см, показник використання ФАР становив 1,53 %, на інших варіантах він був меншим на 0,04 % та 0,09 %.

Отже, поглинання і використання фотосинтетично активної радіації (ФАР) посівами сої протягом 2022-2024 рр. істотно залежало від сорту та способу сівби, що дало можливість регулювати її розміри. Кращі умови для поглинання та ефективного використання сонячної енергії посівами сої дослідних сортів Титан та Кобуко складались за посіву з шириною міжрядь 15 см, для сорту Паллада – з

шириною міжрядь 30 см. Коефіцієнт ФАР набував найбільших значень 1,53-1,56 % при таких умовах вирощування та перевищував інші способи сівби на 0,03-0,13 %.

Висновки до розділу 4

Протягом 2022-2024 рр. найбільша площа листкового апарату дослідних сортів Титан 49,9 тис. м²/га та Кобуко 48,3 тис. м²/га встановлена на варіантах, де сівбу проводили з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – 49,1 тис. м²/га на варіантах з шириною міжрядь 30 см. Також з'ясовано, що із збільшенням ширини міжрядь до 45 см у сортів відбувалося зменшення величини листкової поверхні на 7,5-9,8 %.

В умовах правобережного Лісостепу формування фотосинтетичного потенціалу дослідних сортів сої в значній мірі залежало від факторів, що вивчались. Протягом 2022-2024 рр. сівба сої з міжряддям 15 см збільшувала показник фотосинтетичного потенціалу сорту Титан до 4,250 млн. м^{2}днів/га та Кобуко – до 4,125 млн. м^{2}днів/га, а посів сорту Паллада з міжряддям 30 см - до 4,166 млн. м^{2}днів/га, що більше порівняно з рядковим способом сівби з міжряддям 15 см або 30 см на 3,0-5,9 %, а з широкорядним способом сівби з міжряддям 45 см - на 9,8-12,8 %.

Сівба сої сорту Титан та Кобуко способом сівби з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада - з шириною міжрядь 30 см сприяє більш активному порівняно із широкорядним способом накопиченню хлорофілів a та b та їх суми. На цих варіантах досліду значення таких фотосинтетичних показників підвищилося порівняно з широкорядним способом у середньому за роки досліджень відповідно на 4,1-13,2 %, 1,6-8,0 % та 3,5-10,9 %.

В результаті проведених досліджень протягом 2022-2024 рр. можна зробити висновок, що звуження ширини міжрядь від 45 до 15 см призводило до підвищення показника чистої продуктивності фотосинтезу. Протягом періоду 3-й трійчастий листок – початок цвітіння найвищий показник у сорту Титан становив 5,00 г/м^2 за добу та Кобуко до 4,63 г/м^2 за добу при ширині міжрядь 15 см, у сорту Паллада при ширині міжрядь 30 см до 4,68 г/м^2 за добу, що

більше відповідно на 0,39-1,35 г/м^2 за добу, 0,79-1,22 г/м^2 за добу та 0,35-0,88 г/м^2 за добу, порівняно із іншими способами сівби.

Наведені експериментальні дані протягом 2022-2024 рр. свідчать, що накопичення сухої речовини істотно змінюється залежно від способів сівби та гідротермічних умов року досліджень. Створення оптимальної структури посіву позитивно впливає на нагромадження сухої речовини рослинами сої та забезпечує найвищі показники збору з одиниці площі. Сівба сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см зумовила формування найбільшого показника накопичення сухої речовини у сорту Титан 6,40 т/га, дещо меншого у сорту Паллада – 6,35 т/га та Кобуко – 6,25 т/га, що було більшим порівняно з іншими варіантами на 3,3-8,7 %, 3,4-6,0 % та 7,7-9,6 %.

Поглинання і використання фотосинтетично активної радіації (ФАР) посівами сої протягом 2022-2024 рр. істотно залежало від сорту та способу сівби, що дало можливість регулювати її розміри. Кращі умови для поглинання та ефективного використання сонячної енергії посівами сої дослідних сортів Титан та Кобуко складались за посіву з шириною міжрядь 15 см, для сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см. Коефіцієнт ФАР набував найбільших значень 1,53-1,56 % при таких умовах вирощування та перевищував інші способи сівби на 0,03-0,13 %.

РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ СІВБИ

Для живої природи за значимістю явище азотфіксації, яке здійснюється мікроорганізмами у симбіозі і асоціаціях із рослинами, прийнято порівнювати з іншим глобальним процесом планети Земля – фотосинтезом [167, 168]. Найважливіша роль ґрунтових мікроорганізмів полягає у формуванні та підтримці протягом тисячоліть біогеохімічного циклу азоту, в тому числі і за рахунок його біологічної азотфіксації [169, 170]. У забезпеченні агроценозів біологічним азотом вирішальна роль належить симбіотичній азотфіксації. Розширення її масштабів дозволить покращити родючість ґрунту, знизити енергетичні витрати у землеробстві та зменшити техногенне навантаження на довкілля [171, 172]

Здатність акумулювати азот повітря завдяки симбіотичній діяльності бульбочкових бактерій на коренях рослин притаманна рослинам сої. Симбіотична азотфіксація відбувається в симбіозі та каталізується нітрогеназою, яку вперше виявили в 1974 році, і її активність мала вирішальне значення для ефективності фіксації азоту. Ферментний комплекс, який складається з нітрогенази і нітрогенаредуктази, контролює процес фіксації азоту [173, 174, 175]. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями роду Rhizobium соя здатна на 90 % забезпечувати власну потребу в азоті, а запаси його в повітрі вважають невичерпними. Після збирання соя залишає в ґрунті до 280 кг/га біологічного азоту, що дає змогу покращити його загальний баланс у ґрунті для інших культур сівозміни [160].

5.1. Динаміка кількості та маси бульбочок у рослин сої залежно від способу сівби.

Біологічна азотфіксація є найбільш продуктивною та економічно вигідною системою азотфіксації та відіграє важливу роль у вирощуванні рослин та внесенні добрив. Завдяки симбіозу з ризобіями рослини сої не тільки менш

залежні від наявності сполук азоту в ґрунті, але й більш стійкі до дії стресових чинників. При цьому покращується фітосанітарний стан посівів, зростає інтенсивність фотосинтезу та збільшується урожайність сої на 20-35 % та вміст у зерні білка на 5-6 % [176].

Потужний розвиток симбіотичного апарату зернобобових культур залежить не лише від ефективної взаємодії генотипів рослини господаря та бульбочкових бактерій в певних умовах вирощування, але і від погодних умов року, рівня забезпечення посівів поживними речовинами, біологічних особливостей рослин та окремих елементів технології вирощування, а саме способів сівби [26, 177].

Багатьма вченими було досліджено вплив способів сівби на показники симбіотичної азотфіксації. Дослідники Дробітько А. В. і Дробітько О. М. [178] встановили тенденцію збільшення кількості бульбочок на коренях однієї рослини сої за умови розширення міжрядь. Зокрема, з розширенням міжрядь від 22,5 до 70 см кількість бульбочок на коренях однієї рослини сої сортів Хаджибей і Подільська 1 збільшувалася на 10 і 54 % відповідно.

Спостереження за симбіотичним процесом показало, що зі збільшенням ширини міжрядь спостерігалася тенденція до зменшення числа бульбочок на корінні однієї рослини на 4–6 штук і їх маси – на 207–288 мг і при цьому зростала вирівняність бульбочок за величиною [55].

У ході досліджень установлено, що з розширенням міжрядь від 15 до 45 см кількість бульбочок на коренях десяти рослин у середньому по роках, сортах і нормах висіву зменшувалася на 14,4 шт., а від 45 до 70 см – на 3,8 шт. Досліджувані варіанти ширини міжрядь фактично однаково впливали і на масу бульбочок на коренях десяти рослин сої. Зокрема, за умови розширення міжрядь від 15 до 70 см маса бульбочок на коренях десяти рослин сої у середньому зменшувалася 31,7 % [179].

Також існує думка щодо відсутності впливу способу сівби на варіабельність кількості і маси бульбочок у кореневій зоні рослин сої. Зокрема, Р.В. Олепір і Л.М. Запорожець [180] звертають увагу на відсутність

достовірного впливу способу сівби на зміну кількості і маси бульбочок на коренях однієї рослини сої.

Результати досліджень проведених у північно-центральній частині Польщі з сортом сої Мерлін не вказують на значний вплив ширини міжрядь, густоти посіву та їх взаємодії на суху масу бульбочок, яка становила в середньому 0,47 г на рослину. Морфологічні ознаки не залежали від досліджуваних факторів, але їх величина змінювалася під впливом погодних умов кожного року досліджень [181].

Аналіз існуючої інформації щодо питань впливу способів сівби на параметри симбіотичного апарату рослин сої свідчить про дискусійність цього питання і неможливість визначення єдиного алгоритму закономірності впливу цих факторів на мінливість кількості і маси бульбочок на коренях рослин сої.

В результаті проведених досліджень протягом 2022-2024 рр. встановлено, що кількість та маса бульбочок на коренях сої протягом вегетації поступово збільшувалась до фази кінець цвітіння, після чого інтенсивність наростання різко знижувалась та відбувалась їх руйнація до фази повної стиглості, що обумовлено біологічними особливостями розвитку рослин сої.

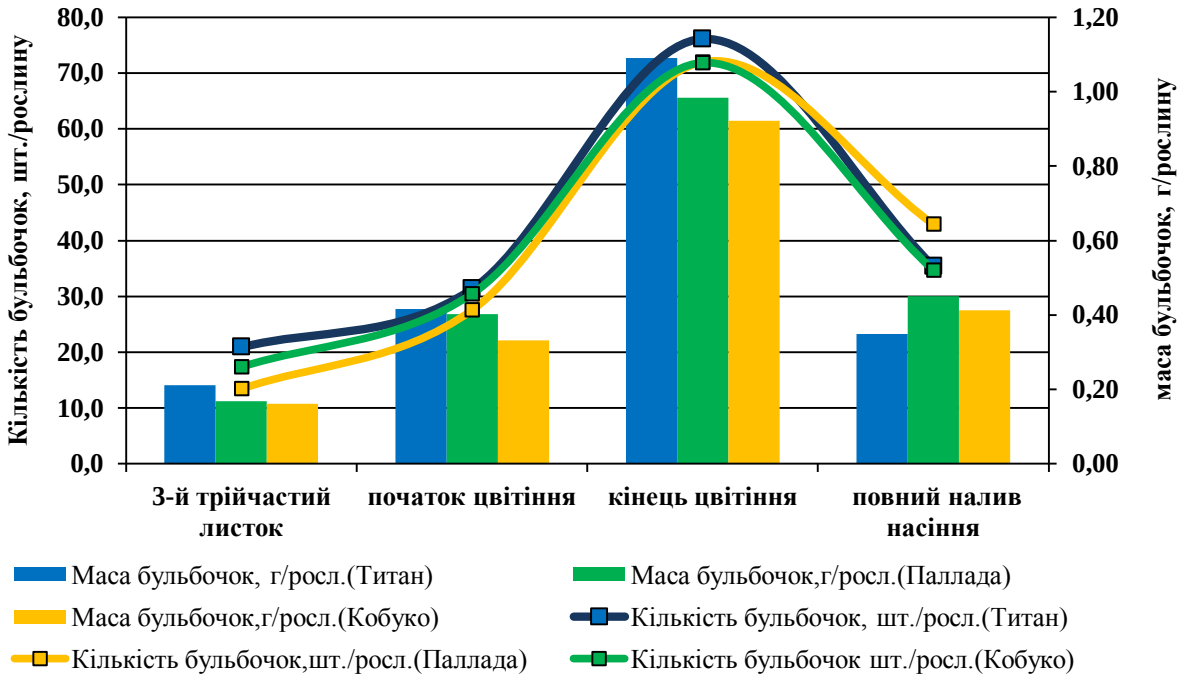


Рисунок 5.1. Динаміка кількості та маси бульбочок протягом вегетаційного періоду середнє за 2022-2024 рр.

Якщо у фазі 3-й трійчастий листок їх налічувалось в середньому на рослину 12,8-21,8 шт., у фазі цвітіння кількість збільшувалась до – 21,8-31,3 шт., максимальні значення приросту кількості бульбочок спостерігались у фазі кінець цвітіння – 59,2-72,4 шт., під час наливу насіння – 29,4-42,9 шт., після чого інтенсивність наростання різко знижувалась до фази повної стиглості (табл.5.1, рис.5.1).

Дослідженнями встановлено, що початок утворення бульбочок на коренях дослідних сортів сої Титан, Паллада та Кобуко спостерігався через 10 – 13 діб після з'явлення повних сходів, а поява в них леггемоглобіну відмічена на 3-4 добу з початку формування симбіотичного апарату. Бульбочки мали на зрізі характерне рожеве забарвлення, що свідчить про їхню здатність до активної біологічної фіксації молекулярного азоту. До фази кінець цвітіння кількість та маса активних бульбочок становила 95-98 %, а в подальшому знижувалась до 35-45 %. У цілому симбіотичний процес у досліді проходив достатньо інтенсивно, чому сприяла обробка насіння перед сівбою бактеріальними препаратами. Адже обробка насіння сої бактеріальними препаратами – інокулянтами покращує нодуляційну здатність бульбочкових бактерій, збільшуючи кількість та масу активних бульбочок відповідно на 22-32 % та 36-50 % за щільної фонової популяції ризобій [182].

Протягом 2022-2024 рр. більша загальна кількість бульбочок на коренях рослин сої у фазу кінець цвітіння спостерігалась у сорту Титан – 73,2 шт./рослину, у сорту Паллада – 68,0 шт./рослину та Кобуко – 65,6 шт./рослину. Не всі кореневі бульбочки здатні до азотфіксації, а лише ті, які містять червоний пігмент леггемоглобін [183, 184]. Тому, з метою об'єктивної оцінки участі симбіотично фіксованого азоту у формуванні врожаю важливим було також визначення кількості та маси активних бульбочок. Відповідно кількість активних бульбочок для дослідних сортів становила - 69,4 шт./рослину, 64,6 шт./рослину та 62,3 шт./рослину (табл.5.1, табл.5.2).

Встановлено, що досліджувані варіанти ширини міжрядь впливали на зміну кількості бульбочок на коренях рослин сої. Загальною закономірністю

було зменшення їх кількості за умови розширення міжрядь з 15 до 45 см, що пояснюється звуженням площі живлення.

Таблиця 5.1.

Вплив способу сівби на динаміку загальної кількості бульбочок, шт./рослину (2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої			
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння
Титан	Рядковий 15 см	20,9 ±2,2	31,3 ±4,7	76,1 ±8,3	35,4 ±5,1
	Рядковий 30 см	21,8 ±1,9	28,0 ±1,8	73,7 ±7,6	31,7 ±5,4
	Широкорядний 45 см	18,4 ±1,6	25,9 ±3,5	69,7 ±6,6	29,7 ±3,9
Паллада	Рядковий 15 см	13,4 ±2,9	24,8 ±0,1	70,7 ±2,3	41,1 ±6,6
	Рядковий 30 см	13,4 ±1,9	27,5 ±1,3	72,0 ±4,1	42,9 ±8,1
	Широкорядний 45 см	12,8 ±2,6	21,8 ±1,8	61,4 ±4,7	32,1 ±5,7
Кобуко	Рядковий 15 см	17,4 ±2,4	30,5 ±2,8	71,9 ±7,9	34,7 ±6,9
	Рядковий 30 см	16,3 ±1,8	26,3 ±0,2	65,7 ±8,4	32,6 ±5,0
	Широкорядний 45 см	15,8 ±2,7	23,3 ±1,0	59,2 ±9,7	29,4 ±5,5

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

При проведенні досліджень встановлено, що найкращі умови для формування високих показників кількості бульбочок для сорту Титан та Кобуко отримали у посівах з шириною міжрядь 15 см, для сорту Паллада – при ширині міжрядь 30 см. У фазі кінець цвітіння на цих варіантах загальна кількість бульбочок становила: у сорту Титан – 76,1 шт./рослину, у сорту Паллада – 72,0 шт./рослину та у сорту Кобуко – 71,9 шт./рослину, в тому числі з них активних було 72,1 шт./рослину, 68,6 шт./рослину та 68,3 шт./рослину.

На варіанті, який включав сівбу широкорядним способом, кількість бульбочок загальних та активних була найменшою та становила 59,2-69,7 шт./рослину та 56,2-66,0 шт./рослину. Вузькорядний спосіб сівби сприяв збільшенню показників загальної кількості бульбочок - на 9,2-21,4 % та

кількості активних бульбочок на – 9,2-15,3 % порівняно з шириною міжрядь 45 см. Сівба сої з міжряддями 30 см збільшувала чисельність бульбочок відповідно на 5,7-17,2 % та на 3,2 – 9,7 % ніж при ширині міжрядь 45 см (табл. 5.2).

Таблиця 5.2.

Вплив способу сівби на динаміку кількості активних бульбочок, шт./рослину (2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої			
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння
Титан	Рядковий 15 см	20,0 ±2,0	30,3 ±4,4	72,1 ±8,0	13,3 ±1,3
	Рядковий 30 см	20,8 ±1,7	27,1 ±1,4	70,2 ±7,2	12,1 ±1,8
	Широкорядний 45 см	17,6 ±1,4	25,0 ±3,1	66,0 ±6,4	11,3 ±1,4
Паллада	Рядковий 15 см	12,9 ±2,9	24,0 ±0,3	66,9 ±2,2	15,3 ±1,4
	Рядковий 30 см	12,9 ±2,0	26,7 ±1,3	68,6 ±3,7	15,9 ±2,0
	Широкорядний 45 см	12,3 ±2,6	21,1 ±1,5	58,9 ±4,1	12,0 ±1,4
Кобуко	Рядковий 15 см	16,6 ±2,2	29,8 ±2,8	68,3 ±7,5	12,8 ±1,7
	Рядковий 30 см	15,6 ±1,7	25,8 ±0,2	62,4 ±8,0	12,2 ±1,0
	Широкорядний 45 см	15,1 ±2,5	22,8 ±0,9	56,2 ±9,2	10,9 ±1,3

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

В результаті проведених досліджень було відмічено, що у відношенні загальної та активної маси кореневих бульбочок спостерігались аналогічні закономірності, що й у кількісних підрахунках бульбочок (рис 5.1).

Протягом 2022-2024 рр. найбільш розвинений симбіотичний апарат був на рослинах сорту Титан, маса загальної кількості бульбочок та активних бульбочок переважала на 0,09-0,1 г/рослину, порівняно із сортами Паллада та Кобуко.

Сівба сої різними способами впливала на масу бульбочок на коренях дослідних сортів сої. Максимальна маса загальних бульбочок у сорту Титан –

1,09 г/рослину та Кобуко – 0,92 г/рослину, з них активних відповідно 1,08 г/рослину та 0,91 г/рослину, було відмічено на варіантах досліду, де застосовували сівбу сої рядковим способом з шириною міжрядь відповідно 15 см.

Таблиця 5.3.

Вплив способу сівби на динаміку загальної маси бульбочок, г/рослину (2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої			
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння
Титан	Рядковий 15 см	0,21 ±0,02	0,42 ±0,09	1,09 ±0,16	0,35 ±0,01
	Рядковий 30 см	0,20 ±0,01	0,29 ±0,04	0,91 ±0,16	0,29 ±0,01
	Широкорядний 45 см	0,16 ±0,01	0,29 ±0,03	0,85 ±0,16	0,28 ±0,02
Паллада	Рядковий 15 см	0,14 ±0,01	0,33 ±0,07	0,85 ±0,12	0,42 ±0,11
	Рядковий 30 см	0,17 ±0,05	0,40 ±0,11	0,98 ±0,13	0,45 ±0,09
	Широкорядний 45 см	0,12 ±0,01	0,28 ±0,06	0,72 ±0,05	0,40 ±0,06
Кобуко	Рядковий 15 см	0,16 ±0,04	0,33 ±0,05	0,92 ±0,07	0,41 ±0,10
	Рядковий 30 см	0,17 ±0,03	0,27 ±0,05	0,86 ±0,10	0,33 ±0,07
	Широкорядний 45 см	0,17 ±0,03	0,26 ±0,04	0,80 ±0,11	0,32 ±0,07

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

У сорту Паллада ці показники набували найбільших значень відповідно – 0,98 г/рослину та 0,97 г/рослину при сівбі з міжряддям 30 см (табл. 5.3). Слід відмітити, що маса бульбочок з розширенням міжрядь з 15 до 45 см зменшувалась у сорту Титан на 6,5-28,4 %, у сорту Паллада на 17,5-36,6 % та Кобуко – 7,1-15,3 %. В усі фази органогенезу рослин відмічено достовірне зменшення маси бульбочок на варіантах з широкорядним способом сівби.

Слід відмітити, що серед способів сівби кращим виявився рядковий з міжряддями 15 см та 30 см, адже в таких посівах склалися кращі умови освітленості, водоспоживання, живлення за рахунок більш рівномірного

розміщення рослин на площі. А загущення посіву при широкорядному способі призвело до погіршення умов росту і розвитку рослин сої, що негативно вплинуло на кількість і масу бульбочок.

Таблиця 5.4.

Вплив способу сівби на динаміку маси активних бульбочок, г/рослину (2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої			
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння
Титан	Рядковий 15 см	0,20 ±0,02	0,41 ±0,09	1,08 ±0,16	0,12 ±0,01
	Рядковий 30 см	0,19 ±0,01	0,28 ±0,04	0,90 ±0,16	0,10 ±0,01
	Широкорядний 45 см	0,15 ±0,01	0,28 ±0,03	0,84 ±0,16	0,10 ±0,01
Паллада	Рядковий 15 см	0,12 ±0,01	0,33 ±0,07	0,83 ±0,11	0,15 ±0,04
	Рядковий 30 см	0,17 ±0,04	0,39 ±0,11	0,97 ±0,12	0,16 ±0,03
	Широкорядний 45 см	0,12 ±0,01	0,27 ±0,06	0,71 ±0,04	0,14 ±0,02
Кобуко	Рядковий 15 см	0,15 ±0,04	0,33 ±0,04	0,91 ±0,07	0,14 ±0,03
	Рядковий 30 см	0,16 ±0,02	0,26 ±0,05	0,85 ±0,10	0,12 ±0,02
	Широкорядний 45 см	0,16 ±0,03	0,25 ±0,04	0,79 ±0,11	0,11 ±0,02

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Маса бульбочок та їх нітрогеназна активність обумовлюється місцем розташування бульбочок на кореневій системі рослин сої. Краще фіксують азот бульбочки, які утворюються на головному корені ближче до його шийки. В нашому досліді місце розташування бульбочок мало сортову залежність. Сорт Титан формував бульбочки на головному корені їх кількість та маса була більшою, а у сортів Паллада та Кобуко бульбочки зосереджувалися по всій кореневій системі і вони були дрібнішими.

Варто зауважити, що гідротермічні умови конкретного року безпосередньо позначались на формуванні бульбочок на коренях рослин сої та варіюванні їх маси. Зокрема, за сприятливого для розкриття потенціалу

продуктивності досліджуваних сортів 2022 року кількість бульбочок на кореневій системі рослин сої в середньому становила 81,9 шт./рослину, в цілому вони формували масу 1,00 г/рослину (Додаток Ж). Протягом вегетаційного періоду спостерігалась помірна середньодобова температура 17,6 °С, опади випадали рівномірно та їх кількість перевищувала багаторічні показники на 41,0 %, що забезпечило формування високих показників симбіотичного апарату.

В результаті проведених досліджень протягом спекотного і посушливого 2023 року встановлено, що кількість бульбочок була значно меншою і досягала у фазу кінець цвітіння - 62,1 шт./рослину, їх маса становила 0,70 г/рослину. Адже, одним з головних факторів, який впливає на формування бульбочок та азотфіксуючу здатність бактерій, є вологість ґрунту. При дефіциті вологи 49,4 % порівняно з багаторічною нормою, до бульбочок мало надходило вуглеводів, внаслідок чого азотфіксація спочатку знижувалася, а потім призупинялася зовсім. Після нормалізації водного обміну в рослинах, які перенесли водний стрес, старі бульбочки вже не відновлюють свої функції, а новоутворені корінці мають значно нижчі показники засвоєння азоту. Кращі умови для формування бульбочок та життєдіяльності бактерій створюються за вологості ґрунту 70 % НВ [185].

У 2024 році кількість бульбочок становила 62,8 шт./рослину, а їх маса – 0,96 г/рослину. Слід відмітити, що в першій половині вегетації спостерігалася достатня кількість вологи та сприятлива середньодобова температура, що позитивно вплинуло на утворення та функціонування бульбочок. Проте гострий дефіцит вологи в ґрунті та аномально висока температура повітря в другій частині вегетаційного періоду сої, призвела до відмирання бульбочок та зменшення діяльності симбіотичного апарату.

Статистична обробка даних дала можливість розрахувати регресійну модель зв’язку між кількістю і масою бульбочок на коренях сої та способами сівби в роки проведення досліджень:

Сорт Титан : $y = - 0{,}2024 x + 75{,}507$,

Сорт Паллада: y = - 0,2677 x + 72,811,

Сорт Кобуко: y = - 0,4008 x + 74,322,

де y – кількість активних бульбочок, шт./рослину; x – спосіб сівби, см.

Коефіцієнти кореляції дорівнювали відповідно r = 0,975, r = 0,771, r = 0,999,

Сорт Титан : y = - 0,0079 x + 1,1748,

Сорт Паллада: y = - 0,0042 x + 0,9625,

Сорт Кобуко: y = - 0,0039x + 0,9659,

де y – маса активних бульбочок, шт./рослину; x – спосіб сівби, см.

Коефіцієнти кореляції дорівнювали r = 0,959, r = 0,492 та r = 0,998, що свідчить про сильний кореляційний зв’язок між цими показниками.

В середньому протягом 2022-2024 роки розрахунок коефіцієнтів парної кореляції виявив, що показники симбіотичної активності рослин сої більшою мірою варіювали від кількості опадів r = 0,998, ніж від середньодобової температури за вегетаційний період r = 0,913.

Отже, виходячи з одержаних експериментальних даних протягом 2022-2024 рр. можна стверджувати, що посів сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см створює кращі умови для формування симбіотичного апарату. На даних варіантах формувались найкращі показники симбіотичної азотфіксації для сорту Титан - кількість активних бульбочок 72,1 шт./рослину та їхня маса 1,08 г/рослину, для сорту Паллада – 68,6 шт./рослину та 0,97 г/рослину, для сорту Кобуко – 68,3 шт./рослину та 0,91 г/рослину, що переважало інші варіанти на 6,4-28,1 %, 13,6-36,0 % та 3,2-14,8 %.

5.2. Загальний та активний симбіотичний потенціал сої та особливості його формування.

Формування високої врожайності посівів сої залежить від забезпечення її елементами мінерального живлення, в тому числі й доступними формами азоту. У зв'язку з цим, важливого практичного та екологічного значення в сільському

господарстві набуває біологічна азотфіксація атмосферного азоту і перетворення його в легкодоступні форми, що здійснюється за рахунок симбіозу із бульбочковими бактеріями [186]. Вивчення симбіотичної продуктивності бобових рослин є основою наукових досліджень в рослинництві. Так як фіксація азоту бульбочковими бактеріями і надходження його в рослину є найдешевшим способом одержання азоту для живлення сої.

Активність засвоєння азоту пов'язана з наявністю леггемоглобіну в кореневих бульбочках. Чим більша маса активних бульбочок і чим вищий його вміст, тим інтенсивніше засвоюється азот повітря.

Для поєднання показників маси кореневих бульбочок і часу їх існування та функціонування, ввели поняття «симбіотичний потенціал», який виражається в кг/га бульбочкової тканини, помноженої на тривалість життя в днях (кг діб/га). Значення загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) завжди більше ніж активного (АСП), адже тривалість загального потенціалу характеризує стан бобово-ризобіального симбіозу за вегетаційний період, його вираховують від появи перших бульбочок на коренях сої до повного їх розпаду, а тривалість активного симбіозу – від появи червоного пігменту леггемоглобіну в бульбочках до його руйнування, тобто переходу в холеглобін. Загальний симбіотичний потенціал (ЗСП) має, переважно, теоретичне значення, на відміну від активного симбіотичного потенціалу (АСП), який істотно відображає вплив зовнішніх чинників на ефективність бобово-ризобіального симбіозу [183, 184].

Результати досліджень протягом 2022-2024 р. показали, що величини продуктивності загального та активного симбіотичних потенціалів сої з одиниці площі протягом вегетації зростали і набували найбільших значень у фазу кінець цвітіння 9,49-13,18 тис. кг діб/га та 8,68-12,98 тис. кг діб/га, після чого в фазу налив насіння зменшувалися до 8,84-11,78 та 7,39-9,60 тис. кг діб/га, що пов'язано з перерозподілом пластичних речовин у рослинах сої і погіршенням умов азотфіксації, старінням та відмиранням активних бульбочок.

Частка АСП в ЗСП зростала до фази кінець цвітіння та становила 95,0 %, так як у цей період формувалася максимальна маса активних бульбочок (табл. 5.5, 5.6). Формування активного та загального симбіотичного апарату

мало однаковий характер.

Встановлено, що фактори які вивчались теж впливали на показники симбіотичного потенціалу. Кращі умови для формування загального та активного симбіотичних потенціалів протягом 2022-2024 рр. для сорту Титан складались при рядковому способу сівби з міжряддями 15 см порівняно з рядковим способом з міжряддям 30 см та широкорядним з міжряддями 45 см.

Таблиця 5.5

Формування загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га (в середньому 2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку				Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	
Титан	Рядковий, 15 см	2,41 ±0,1	3,19 ±0,3	13,18 ±2,1	11,44 ±1,7	30,22 ±3,4
	Рядковий, 30 см	2,14 ±0,1	2,66 ±0,3	10,80 ±2,4	9,87 ±1,7	25,47 ±3,9
	Широкорядний, 45 см	2,08 ±0,1	2,23 ±0,1	10,09 ±2,4	9,05 ±1,8	23,44 ±4,3
Паллада	Рядковий, 15 см	2,02 ±0,1	2,90 ±0,4	11,06 ±0,5	10,44 ±0,1	26,42 ±0,4
	Рядковий, 30 см	2,54 ±0,8	3,55 ±0,8	11,90 ±0,4	11,78 ±0,2	29,77 ±2,0
	Широкорядний, 45 см	1,78 ±0,1	2,59 ±0,3	9,68 ±0,5	8,84 ±0,3	22,88 ±1,1
Кобуко	Рядковий, 15 см	2,27 ±0,6	2,97 ±0,4	11,26 ±1,2	10,88 ±1,2	27,37 ±3,3
	Рядковий, 30 см	2,24 ±0,4	2,77 ±0,5	10,12 ±1,7	9,75 ±1,4	24,88 ±3,7
	Широкорядний, 45 см	2,12 ±0,1	2,86 ±0,6	9,49 ±1,7	9,16 ±1,5	23,63 ±3,4

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Дані показники при широкорядному способі сівби були меншими відповідно на 6,33-6,78 тис. кг діб/га, при рядковому 30 см - на 4,50-4,75 тис. кг діб/га в порівнянні з рядковим способом сівби з міжряддям 15 см. Для сорту Кобуко найсприятливішим для формування високого рівня загального 27,37 тис. кг діб/га та активного 24,08 тис. кг діб/га симбіотичного потенціалів був аналогічний спосіб сівби, що більше на 2,49-3,74 тис. кг діб/га та 2,04-3,20 тис. кг діб/га, при порівнянні з ділянками інших варіантів.

Отримані нами результати показали, що з поміж досліджуваних способів сівби найбільш ефективним для сорту Паллада виявися рядковий спосіб з міжряддями 30 см, хоча сівба з міжряддям 15 см теж позитивно вплинула на формування симбіотичного потенціалу, проте показник був дещо меншим. Максимальний показник ЗСП та АСП сорту дорівнював 29,77 тис. кг˙днів/га та 26,54 тис. кг˙днів/га, що відповідно більше на 3,35-3,66 тис. кг діб/га ніж при сівбі з міжряддям 15 см та на 6,77-6,89 тис. кг діб/га порівняно з широкорядним способом.

Таблиця 5.6

Формування активного симбіотичного потенціалу (АСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га (в середньому 2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку				Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	
Титан	Рядковий, 15 см	2,33 ±0,1	3,09 ±0,3	12,98 ±2,1	9,60 ±1,6	27,28 ±3,7
	Рядковий, 30 см	2,07 ±0,1	2,52 ±0,3	10,57 ±2,3	8,27 ±1,6	22,78 ±3,9
	Широкорядний, 45 см	1,99 ±0,1	2,15 ±0,1	9,94 ±2,4	7,56 ±1,7	20,95 ±4,4
Паллада	Рядковий, 15 см	1,88 ±0,1	2,79 ±0,4	10,24 ±0,5	8,59 ±0,6	22,88 ±0,6
	Рядковий, 30 см	2,53 ±0,7	3,48 ±0,8	11,65 ±0,5	9,46 ±0,5	26,54 ±2,3
	Широкорядний, 45 см	1,72 ±0,1	2,51 ±0,3	8,68 ±0,5	7,39 ±0,2	19,77 ±1,3
Кобуко	Рядковий, 15 см	2,18 ±0,6	2,87 ±0,4	11,06 ±1,2	8,63 ±0,9	24,08 ±3,5
	Рядковий, 30 см	2,16 ±0,3	2,67 ±0,5	9,99 ±1,6	7,95 ±1,2	22,04 ±3,6
	Широкорядний, 45 см	2,05 ±0,1	2,75 ±0,5	9,37 ±1,7	7,43 ±1,2	20,88 ±3,4

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Протягом дослідних років встановлено, що на величину симбіотичного потенціалу також впливали морфологічні особливості сорту, за весь період тривалості симбіозу в середньому по варіантах найвищі показники загального симбіотичного потенціалу 26,4 тис. кг˙днів/га отримано у сорту Титан та Паллада, у сорту Кобуко показник був на 1,1 тис. кг˙днів/га меншим. Показник

активного симбіотичного потенціалу був найбільшим у сорту Титан – 23,7 тис. кг˙днів/га, що вище на 2,7 % ніж у сорту Паллада і на 6,0 % ніж у сорту Кобуко та становили відповідно 23,06 та 22,33 тис. кг˙днів/га.

Статистичний аналіз отриманих даних свідчить про існування тісного кореляційного зв’язку між способами сівби та показником активного симбіотичного потенціалу сої. Залежність відображено у побудованому рівнянні регресії:

Сорт Титан:

y= -0,2109x + 29,998; r =0,972

сорт Паллада:

y=-0,1036x + 26,173; r =0,659

сорт Кобуко:

y=-0,1067x + 25,553; r =0,988

де y – активний симбіотичний потенціал, тис. кг днів/га, т/га; x – спосіб сівби, см.

Дослідженнями встановлено, що симбіотична азотфіксація функціонально пов’язана з фотосинтезом. Адже на забезпечення симбіотичної азотфіксації витрачається 10-20 % від загальної продукції фотосинтезу, необхідної для росту рослин. Між споживанням фотоасимілятів і експортом із бульбочок азоту встановлюється баланс, який певною мірою визначає ефективність симбіозу, його фізіологічну доцільність для рослини [187]. З літератури також відомо, що існує позитивний зв’язок між інтенсивністю азотфіксації у кореневих бульбочках і вмістом хлорофілу а в листках [188]. Аналогічний результат отримано і в наших дослідженнях. Виявлена залежність описується наступним рівнянням лінійної регресії:

y = 37,302x – 39,062,

де y – активний симбіотичний потенціал, тис. кг днів/га; x – кількість хлорофілу в листках сої, мг/г. Характеристика сили зв'язку є значною, коефіцієнт кореляції становив r = 0,915.

Аналізуючи вплив досліджуваних чинників на формування загального та

активного симбіотичного потенціалів протягом 2022-2024 рр. слід відмітити, що формування та функціонування симбіотичного апарату сої певною мірою можна регулювати агротехнічними заходами, зокрема способом сівби. Серед способів сівби, що вивчали найбільш ефективним для сорту Титан та Кобуко виявився рядковий з міжряддям 15 см, величини цих показників становили 30,22 та 27,37 тис. кг˙днів/га та 27,28 та 24,08 тис. кг˙днів/га. Для сорту Паллада – рядковий з міжряддям 30 см, потенціали дорівнювали 29,77 та 26,54 тис. кг˙днів/га. При сівбі іншими способами величини потенціалів знижувалися відповідно на 4,50-6,78 тис. кг діб/га, 2,04-3,74 тис. кг діб/га та 3,35-6,89 тис. кг діб/га.

5.3. Кількість симбіотично фіксованого азоту залежно від способу сівби.

Загальновідомо, що висока урожайність сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від забезпеченості мінеральними поживними речовинами. Недостатнє азотне живлення є одним з основних факторів, що пригнічують ріст і розвиток рослин.

Атмосфера на 78 % складається з молекулярного азоту, а органічна речовина ґрунту (гумус, лігнін, хітин і пептиди) багата на зв'язаний азот. Однак рослини не мають ферментних систем для фіксації молекулярного азоту і не можуть його утилізувати, оскільки він руйнує органічну речовину ґрунту. Природним виходом з цієї ситуації є співпраця рослин з мікроорганізмами, які мають нітрогеназу або ферменти, що розщеплюють азотовмісні компоненти ґрунту [244, 245].

Бобово-ризобіальний симбіоз є однією з найефективніших систем біологічної фіксації азоту і має велике екологічне та практичне значення. У симбіозі бобових рослин поєднується два глобальних біохімічних процеси-азотфіксація та фотосинтез, за допомогою яких нормалізується азотно-вуглеводний баланс рослинного організму [189, 190, 191].

В сільському господаствві позитивна роль сої пов'язана з життєдіяльністю бульбочкових бактерій, з якими вона має тісний симбіотичний зв'язок. Ця унікальна здатність дозволяє їй засвоювати 180 кг/га та більше азоту з повітря за вегетаційний період, виробляючи дешевий рослинний білок без використання дорогих та екологічно шкідливих мінеральних азотних добрив [192, 193].

Визначення кількості симбіотично фіксованого азоту соєю має важливе значення, так як азот є основним біогенним елементом, який відіграє найважливішу роль у житті рослин і тварин. Відносна нестача зв’язаного азоту на поверхні Землі при великому його запасі в атмосфері передбачає наявність певного етапу, що обмежує швидкість кругообігу цього елемента [194].

В результаті симбіотичної діяльності, за даними різних дослідників, соя може задовольнити 65-80 % своєї потреби в азоті, залишаючи щонайменше 30 % біологічно фіксованого азоту у післяжнивних і кореневих рештках [192].

Для підвищення продуктивності симбіотичної азотфіксації в агроценозах сої необхідно враховувати конкретні ґрунтово-кліматичні, а також створювати сприятливі умови для ефективного функціонування бобово-ризобіального симбіозу за рахунок агротехнічних прийомів.

За результатами проведених досліджень протягом 2022-2024 рр. виявлено, що рівень фіксованого рослинами сої біологічного азоту коливався в межах 78,48-108,30 кг/га.

Кількість симбіотично фіксованого азоту залежала не тільки від маси рожевих бульбочок з леггемоглобіном, активності симбіотичних систем, але і від періоду їх функціонування. Суттєвим показником, який характеризує роботу симбіотичного апарату є загальний симбіотичний потенціал, який визначається від появи перших бульбочок на коренях сої до повного їх розпаду.

Слід зазначити, що за рівнем накопичення біологічного азоту, з усіх варіантів, найменш продуктивними 78,48-83,18 кг/га були ті, де сівбу сої проводили з шириною міжрядь 45 см, що обумовлено низьким показником активного симбіотичного потенціалу (АСП), який склався в роки досліджень.

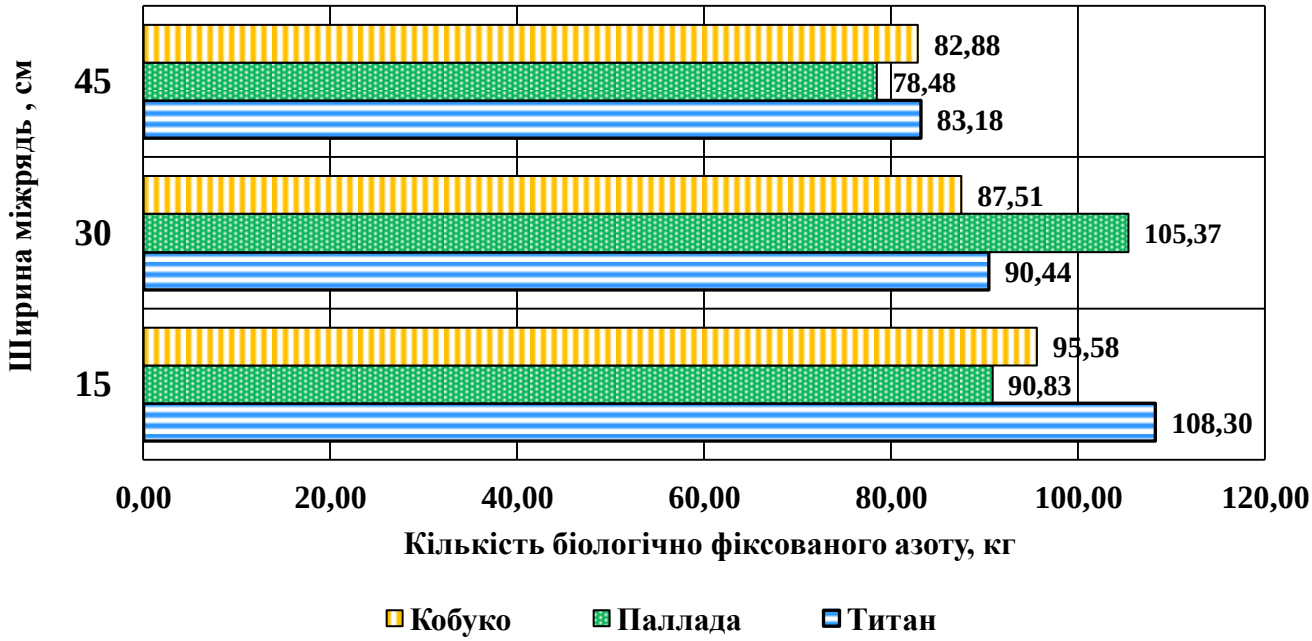


Рисунок 5.2 Кількість симбіотично фіксованого азоту залежно від сорту та способу сівби протягом 2022-2024 рр., кг/га

Найінтенсивніше накопичення біологічного азоту у сорту Титан та Кобуко відбувалось за вузькорядної сівби з шириною міжрядь 15 см, внаслідок чого кількість фіксованого азоту на посівах становила відповідно 108,30 та 95,58 кг/ га, що перевищувало значення інших варіантів на 16,5-23,2 % та 8,4-13,3 %.

Максимально продуктивними за кількістю симбіотично фіксованого азоту для сорту Паллада – 105,37 кг/га в досліді був варіант, де сівба проводилась з шириною міжрядь 30 см, тоді як при вузькорядній сівбі показник був меншим на - 13,8 %, а при широкорядній знизився на - 25,5 %.

Найбільший показник кількості біологічного азоту встановлено у посівах сорту Титан – 93,97 кг/га. В цього сорту відмічена найбільша тривалість бобово-ризобіального симбіозу та величина активного симбіотичного потенціалу, що в результаті вплинуло на кількість біологічно фіксованого азоту його посівами. У сортів сої Паллада та Кобуко рівень його накопичення був на 2,6-6,0 % меншим, посіви сої фіксували кількість азоту в розмірі 91,56 кг/га та 88,66 кг/га відповідно.

Разом із впливом факторів, що вивчалися згідно зі схеми досліду, значний

вплив на формування симбіотичної продуктивності мали гідротермічні умови року. Згідно з проведеними дослідженнями найбільша кількість біологічно фіксованого азоту спостерігалась у 2022 році, який характеризувався достатньою кількістю і рівномірним випаданням опадів та помірними середньодобовими температурами. У результаті малої кількості опадів та не рівномірного їх розподілу, високих середньодобових температур рівень накопиченого біологічного азоту в у мовах 2023 та 2024 року був меншим в середньому на 45,0-54,0 %. Адже, при недостатньому вологозабезпеченні відбувається порушення механізмів кисневого контролю в бульбочках, зокрема, зменшується проникність бар'єра дифузії кисню в кортексі бульбочок, що призводить до зниження доступу кисню в бактероїди та призводить до їх старіння [195].

На основі результатів проведеного кореляційно-регресійного аналізу було встановлено, що кількість біологічно фіксованого азоту значно залежить від кількості опадів за вегетаційний період. Дана залежність описується наступними рівняннями регресії:

$y = 0{,}2821x + 5{,}7351,$

де y – кількість біологічно фіксованого азоту, кг/га; x – кількість опадів за вегетаційний період, мм. Коефіцієнт кореляції становить $r = 0{,}989$.

Також за допомогою регресійного аналізу встановлено тісну залежність кількості фіксованого азоту від способу сівби, коефіцієнт кореляції для дослідних сортів становив $r = 0{,}972$, $r = 0{,}715$, $r = 0{,}988$

Сорт Титан: $y = -0{,}8373x + 119{,}09$;

Сорт Паллада: $y = -0{,}4115x + 103{,}91$;

Сорт Кобуко: $y = -0{,}4236x + 101{,}36$;

де y – кількіст фіксованого азоту, кг; x – спосіб сівби, см.

За результатами проведених досліджень встановлено, що зміна кількості біологічно фіксованого азоту досліджуваними сортами спостерігалась при різних способах сівби сої. У сорту Титан спостерігався найбільший показник кількості біологічного азоту - 108,30 кг за вузькорядної сівби з шириною

міжрядь 15 см, що перевищувало значення інших варіантів на 16,5-23,2 %. Найбільш продуктивним для сорту Кобуко був аналогічний варіант, проте показник був нижчим - 95,58 кг, приріст становив 8,4-13,3 %. Оптимальні умови для формування найбільшого показника фіксованого азоту для сорту Паллада – 105,37 кг створюються за способу сівби з шириною міжрядь 30 см, що більше на 13,8-25,5 % порівняно з іншими варіантами.

Висновки до розділу 5

Виходячи з одержаних експериментальних даних протягом 2022-2024 рр. можна стверджувати, що посів сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см створює кращі умови для формування симбіотичного апарату. На даних варіантах формувались найкращі показники симбіотичної азотфіксації для сорту Титан - кількість активних бульбочок 72,1 шт./рослину та їхня маса 1,08 г/рослину, для сорту Паллада – 68,6 шт./рослину та 0,97 г/рослину, для сорту Кобуко – 68,3 шт./рослину та 0,91 г/рослину, що переважало інші варіанти на 6,4-28,1 %, 13,6-36,0 % та 3,2-14,8 %.

Аналізуючи вплив досліджуваних чинників на формування загального та активного симбіотичного потенціалів протягом 2022-2024 рр. слід відмітити, що серед способів сівби, що вивчали найбільш ефективним для сорту Титан та Кобуко виявився рядковий з міжряддям 15 см, величини цих показників становили 30,22 та 27,37 тис. кг˙днів/га та 27,28 та 24,08 тис. кг˙днів/га. Для сорту Паллада – рядковий з міжряддям 30 см, потенціали дорівнювали 29,77 та 26,54 тис. кг˙днів/га. При сівбі іншими способами величини потенціалів знижувалися відповідно на 4,50-6,78 тис. кг діб/га, 2,04-3,74 тис. кг діб/га та 3,35-6,89 тис. кг діб/га.

За результатами проведених досліджень встановлено, що зміна кількості біологічно фіксованого азоту досліджуваними сортами спостерігалась при різних способах сівби сої. У сорту Титан спостерігався найбільший показник кількості біологічного азоту - 108,30 кг за вузькорядної сівби з шириною міжрядь 15 см, що перевищувало значення інших варіантів на 16,5-23,2 %.

Найбільш продуктивним для сорту Кобуко був аналогічний варіант, проте показник був нижчим - 95,58 кг, приріст становив 8,4-13,3 %. Оптимальні умови для формування найбільшого показника фіксованого азоту для сорту Паллада – 105,37 кг створюються за способу сівби з шириною міжрядь 30 см, що більше на 13,8-25,5 % порівняно з іншими варіантами.

РОЗДІЛ 6. ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ СІВБИ

Україна є одним із основних виробників та експортерів зерна у світі. Нині найбільші площі займають пшениця озима, кукурудза, соняшник і соя. Найбільше посівів сої зосереджено у Правобережному Лісостепу, агрокліматичні умови якого характеризується нестійким зволоженням та високим температурним режимом упродовж вегетації рослин. Зміна клімату призводить до того, що необхідно застосовувати корективи у технології вирощування рослин. Можна встановити найбільш оптимальні параметри елементів індивідуальної продуктивності та їх найліпшого поєднання, якщо досконало дослідити всю різноманітність зв’язків між технологією, структурою врожаю і умовами вирощування [196].

Успіх під час вирощування сої майже наполовину залежить від правильного вибору сорту, більшість з яких сьогодні характеризується вузькою екологічною пристосованістю та придатні для вирощування тільки в ґрунтово-кліматичних умовах певної географічної широти [176, 197].

Урожайність культури сої також визначається елементами продуктивності за фазами росту і розвитку рослин. За допомогою елементів технології вирощування, з урахуванням ґрунтово-кліматичних, можна впливати на ріст і розвиток рослин, їх продуктивність та на певний елемент структури урожаю. Тому зміна основних елементів структури урожаю – кількості бобів і насіння, маси насіння з однієї рослини та маси 1000 насінин є головною умовою найбільшої реалізації генетичного потенціалу рослини.

6.1. Вплив густоти рослин, ширини міжрядь і площі живлення на індивідуальну продуктивність сої.

Соя, як світлолюбна культура з чітко вираженою мінливістю по продуктивності окремих рослин залежно від умов вирощування, в значній мірі

реагує на зміну площі живлення і способи розміщення [198].

Кожен сорт сої як біологічний організм потребує відповідного просторового та кількісного розміщення на одиниці площі. Під просторовим розміщенням рослин у посіві розуміють спосіб сівби, під кількісним - норму висіву, а надалі - густоту рослин. Цих два поняття розглядаються у тісній взаємодії. Правильне просторове й кількісне розміщення рослин на площі - важлива умова реалізації сортових особливостей сої.

Тому створення посівів сої з раціональною оптико-біологічною структурою дає можливість реалізувати адаптивні функції сорту в системі «довкілля-генотип» й оптимізації чинників життя для реалізації його потенціалу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [42].

Особливості формування елементів структури урожаю і релізації генетичного потенціалу сортів Титан, Паллада та Кобуко вивчали залежно від величини площі живлення в модельному досліді протягом 2022-2024 рр. Теоретичне обгрунтування оптимальної площі живлення допустимих інтервалів, в межах яких не проходить посилення конкурентних взаємовідносин між рослинами сої інтенсивних сортів є важливою науковою проблемою.

Результати проведених досліджень свідчать, що зміна площі живлення рослин в посіві, а значить і густоти рослин, призвела до зміни індивідуальної продуктивності рослин, що впливнуло на показники структури урожаю. Проте, характер зміни показників структури дослідних сортів різнився.

При проведенні досліджень, виявлено, що при збільшенні площі живлення та ширини міжрядь, проте при зменшенні густоти рослин збільшувалась маса рослини, кількість продуктивних вузлів, бобів, насінин та маса насіння з однієї рослини. Маса 1000 насінин збільшувалась до певної межі, а в подальшому знаходилась на рівні. Однак висота прикріплення нижнього бобу зменшувалась. Характер зміни цих показників прямолінійний (рис.6.1.).

При збільшенні площі живлення сорту Титан з 35 до 255 см^2, ширини міжрядь з 10 до 75 см та зменшення густоти рослин з 2853 до 387 тис./га маса

рослини збільшувалась з 15,6 до 26,2 г.

Таблиця 6.1

Вплив густоти рослин, ширини міжрядь та площі живлення на показники структури рослин сорту Титан (2022-2024 рр.)

Площа живлення, $см^2$	Ширина міжрядь, см	Густота рослин, тис./га	Маса рослини, г	Висота рослини, см	Висота прикріплення нижнього бобу, см	Кількість вузлів на одній рослині, шт.	
						загальних	продуктивних
35	10	2853	15,6	78,8	27,6	12,4	10,2
50	15	1955	16,0	79,6	24,0	13,0	10,4
66	20	1487	17,4	81,0	23,6	14,0	10,6
85	25	1167	17,7	81,4	23,4	14,6	11,2
103	30	961	17,9	83,0	22,8	15,8	11,4
119	35	832	18,0	83,2	19,2	16,2	11,2
134	40	734	18,3	84,8	18,0	16,6	11,6
153	45	646	19,8	87,2	17,0	18,0	12,6
168	50	585	21,3	87,0	16,8	17,2	12,8
187	55	529	21,4	84,0	14,0	16,6	13,0
202	60	487	22,8	82,6	12,0	15,7	13,2
221	65	447	23,5	81,8	11,8	15,8	13,4
237	70	417	25,3	79,6	11,6	15,4	13,6
255	75	387	26,2	78,4	11,4	14,8	14,6

Таблиця 6.2

Вплив густоти рослин, ширини міжрядь та площі живлення на показники структури рослин сорту Паллада (2022-2024 рр.)

Площа живлення, $см^2$	Ширина міжрядь, см	Густота рослин, тис./га	Маса рослини, г	Висота рослини, см	Висота прикріплення нижнього бобу, см	Кількість вузлів на одній рослині, шт.	
						загальних	продуктивних
35	10	2825	12,3	75,2	22,8	13,4	8,8
54	15	1844	12,7	79,8	21,8	14,4	10,4
73	20	1369	13,0	80,4	21,0	15,8	11,0
92	25	1088	14,1	81,0	20,6	17,2	12,2
111	30	903	15,9	82,2	20,4	17,6	13,0
129	35	772	17,6	84,2	20,4	18,4	13,2
148	40	674	19,2	87,4	18,8	18,6	13,4
167	45	598	20,4	90,0	14,2	26,0	15,4
186	50	538	20,9	87,4	13,6	19,0	16,0
202	55	495	21,8	85,0	13,0	18,6	16,4
223	60	447	22,1	82,8	12,8	18,0	16,8
242	65	412	27,3	80,2	11,8	17,6	17,0
258	70	387	27,9	80,2	11,4	17,6	18,2

Кількість продуктивних вузлів на одній рослині зростала з 10,2 до 14,6 шт., бобів – з 16,0 до 31,0 шт., насінин – з 30,6 до 59,8 шт., маса насінин з однієї рослини – з 8,1 до 13,4 г, маса 1000 насінин з 191,5 до 235,9 г, а висота прикріплення нижнього бобу зменшувалась з 27,6 до 11,4 см (табл. 6.1., 6.4.).

Таблиця 6.3

Вплив густоти рослин, ширини міжрядь та площі живлення на показники структури рослин сорту Кобуко (2022-2024 рр.)

Площа живлення, $см^2$	Ширина міжрядь, см	Густота рослин, тис./га	Маса рослини, г	Висота рослини, см	Висота прикріплення нижнього бобу, см	Кількість вузлів на одній рослині, шт.	
						загальних	продуктивних
35	10	2825	16,6	83,8	26,4	16,4	10,4
54	15	1844	20,1	86,8	22,4	17,0	12,4
73	20	1369	20,5	88,6	21,8	17,2	13,0
92	25	1088	20,6	89,0	20,0	19,0	14,2
111	30	903	22,2	95,4	18,0	19,6	14,4
129	35	772	24,9	98,0	16,6	20,0	14,8
148	40	674	27,1	98,2	16,2	24,0	16,8
167	45	598	27,5	100,0	16,0	25,6	17,2
186	50	538	28,2	99,2	15,6	24,6	19,2
202	55	495	34,1	98,8	15,4	24,4	20,4
221	60	453	36,8	97,8	15,0	23,8	21,2
242	65	412	37,2	94,0	14,8	21,4	21,2
258	70	387	38,3	89,6	12,6	19,8	23,0

Сорти Паллада та Кобуко характеризувалися дещо вищими біометричними показниками проте показник маси 1000 насінин був меншим, порівняно із сортом Титан, хоча залежність була аналогічною (табл. 6.2, 6.3., 6.4). При зменшенні густоти від 2825 до 387 тис./га та розширення ширини міжрядь від 10 см до 70 см (площі живлення від 35 до 258 $см^2$) маса рослини сорт Паллада перебувала в межах 12,3-27,9 г, сорту Кобуко – 16,6-38,3 г, кількість продуктивних вузлів на одній рослині відповідно 8,8-18,2 шт. та 10,4-23,0 шт., бобів – 18,2-45,8 шт. та 19,4-45,0 шт., насінин – 28,0-98,8 шт. та 46,2-110,6 шт, маса насіння з однієї рослини становила - 3,6-10,9 г та 6,7-18,1 г, маса 1000 насінин 115,1-131,2 г та 145,2-165,8 г, а висота прикріплення нижнього бобу навпаки зменшувалась з 22,8 до 11,4 см та 26,4 до 12,6 см.

Таблиця 6.4

Вплив площі живлення, ширини міжрядь та густоти рослин на показники індивідуальної продуктивності рослин сої 2022–2024 рр.

Сорт	Площа живлення, см^2	Ширина міжрядь, см	Густота рослин, тис./га	У середньому на одній рослині, шт.		Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
				бобів	насінин			
Титан	35	10	2853	16,0	30,6	8,1	191,5	5,53
	50	15	1955	16,4	34,6	8,2	206,4	5,24
	66	20	1487	19,2	34,8	8,5	207,4	6,05
	85	25	1167	20,4	40,2	8,8	218,9	6,57
	103	30	961	21,4	41,6	9,3	219,3	6,70
	119	35	832	21,6	42,4	9,5	226,3	7,61
	134	40	734	22,0	43,6	10,1	235,9	8,47
	153	45	646	22,6	47,0	10,3	235,7	8,68
	168	50	585	23,2	47,0	10,9	235,9	8,06
	187	55	529	27,2	49,6	10,9	235,7	7,09
	202	60	487	28,6	49,6	11,7	235,0	7,09
	221	65	447	30,0	52,8	12,4	235,2	6,18
	237	70	417	30,6	59,0	13,0	235,6	5,72
	255	75	387	31,0	59,8	13,4	235,4	5,33
Паллада	35	10	2825	18,2	28,0	3,6	115,1	2,16
	54	15	1844	21,4	30,4	3,9	115,6	2,34
	73	20	1369	22,0	33,8	4,4	118,3	3,36
	92	25	1088	27,8	38,8	5,6	118,4	3,64
	111	30	903	32,4	57,8	7,5	121,7	4,74
	129	35	772	34,4	58,8	7,9	123,3	4,80
	148	40	674	35,0	59,6	7,9	129,5	5,52
	167	45	598	37,2	66,0	8,5	131,2	6,54
	186	50	538	40,6	73,8	9,4	131,1	5,64
	202	55	495	41,0	75,4	9,6	131,0	5,46
	223	60	447	43,2	77,8	10,3	131,1	5,08
	242	65	412	44,2	80,8	10,3	131,0	4,80
	258	70	387	45,8	98,8	10,9	131,0	4,74
Кобуко	35	10	2825	19,4	46,2	6,7	145,2	4,36
	54	15	1844	19,6	50,4	7,5	149,0	4,88
	73	20	1369	24,4	60,0	9,3	151,8	5,60
	92	25	1088	25,2	63,8	9,7	153,3	5,80
	111	30	903	27,4	64,2	11,1	159,9	6,70
	129	35	772	27,6	65,8	11,2	160,0	6,80
	148	40	674	28,8	72,4	11,3	165,7	8,20
	167	45	598	31,4	83,0	12,6	165,5	9,00
	186	50	538	35,4	94,6	13,7	165,8	8,90
	202	55	495	38,4	96,6	15,5	165,7	8,70
	221	60	453	40,0	96,6	17,1	165,4	8,30
	242	65	412	44,2	110,4	17,7	165,4	8,19
	258	70	387	45,0	110,6	18,1	165,0	7,22

Виявлені залежності описуються наступними рівняннями регресії. Між масою рослини та площею живлення, шириною міжрядь і густотою рослин спостерігається сильний позитивний зв'язок (Додаток Н).

Титан

$$У = 11,4433 – 0,2898X_1 + 0,0483X_2 – 0,0003X_3$$

Коефіцієнт множинної кореляції складає r = 0,986

Паллада

$$У = 21,4495 – 0,2856X_1 + 1,1240X_2 – 0,0053X_3$$

Коефіцієнт множинної кореляції складає r = 0,842

Кобуко

$$У = 13,5433 – 0,0148X_1 + 0,4092X_2 – 0,0002X_3$$

Коефіцієнт множинної кореляції складає r = 0,984

де, У – вага рослини, г

X_1 – площа живлення, $см^2$

X_2 - ширина міжрядь, см

X_3 – густота рослин, тис./га

Залежність кількості бобів на одній рослині від площі живлення, ширини міжрядь та густоти рослин описується рівнянням множинної регресії (Додаток П):

Титан

$$У = 13,2428 + 0,2385X_1 - 0,5676X_2 + 0,0001X_3, r = 0,981$$

Паллада

$$У = 22,5163 + 0,1522X_1 - 0,1986X_2 - 0,0031X_3, r = 0,990$$

Кобуко

$$У = 10,0120 + 0,1238X_1 + 0,0318X_2 + 0,0018X_3, r = 0,992$$

У – кількість бобів, шт.

X_1 – площа живлення, $см^2$

X_2 - ширина міжрядь, см

X_3 – густота рослин, тис./га

Для результативного показника У коефіцієнт множинної кореляції рівний 0,981-0,992. Це свідчить про сильний позитивний зв'язок.

Величина площі живлення, ширина міжрядь та густота рослин також впливає на кількість насінин на одній рослині та масу цього насіння (Додаток Р, С). Виявлені залежності описуються наступними рівняннями множинної регресії:

Титан: $У = 28,2498 + 0,4012X_1 - 0,9259X_2 - 0,0006X_3$, $r = 0,990$

Паллада : $У = 18,8628 - 0,0853X_1 + 1,3736X_2 - 0,0013X_3$, $r = 0,983$

Кобуко: $У = 39,5770 + 0,5138X_1 - 0,9606X_2 - 0,0007X_3$, $r = 0,979$

$У_4$ – кількість насінин на одній рослині, шт.

X_1 – площа живлення, $см^2$

X_2 - ширина міжрядь, см

X_3 – густота рослин, тис./га

Титан: $У = 5,5950 - 0,0158X_1 + 0,1529X_2 + 0,0006X_3$, $r = 0,995$

Паллада: $У = 4,2559 + 0,0435X_1 – 0,0577X_2 - 0,0007X_3$, $r = 0,984$

Кобуко: $У = 4,1685 + 0,0581X_1 - 0,0156X_2 + 0,0003X_3$, $r = 0,990$

$У_5$ – маса насіння з однієї рослини, г

X_1 – площа живлення, $см^2$

X_2 - ширина міжрядь, см

X_3 – густота рослин, тис./га

Такі показники, як висота рослини, кількість вузлів на одній рослині та рівень урожайності мали параболічний характер, тобто ці показники зростали до певної межі площі живлення, ширини міжрядь та густоти рослин (рис.6.1.). В подальшому при збільшенні площі живлення та ширини міжрядь, але зменшенні густоти рослин не спостерігалось підвищення показників структури та урожайності, а навпаки, вони поволі знижувались. Їх абсолютні величини були значно вищими, що обумовлено більш раціональним використанням факторів життя.

Варто зауважити, що урожайність насіння сої сорту Титан в перерахунку на одиницю площі збільшувалася з 5,53 до 7,61 т/га при збільшенні площі

живлення з 35 до 119 см^2, що відповідає інтервалу ширини міжрядь з 10 до 35 см та густоті рослин з 2853 до 832 тис./га.

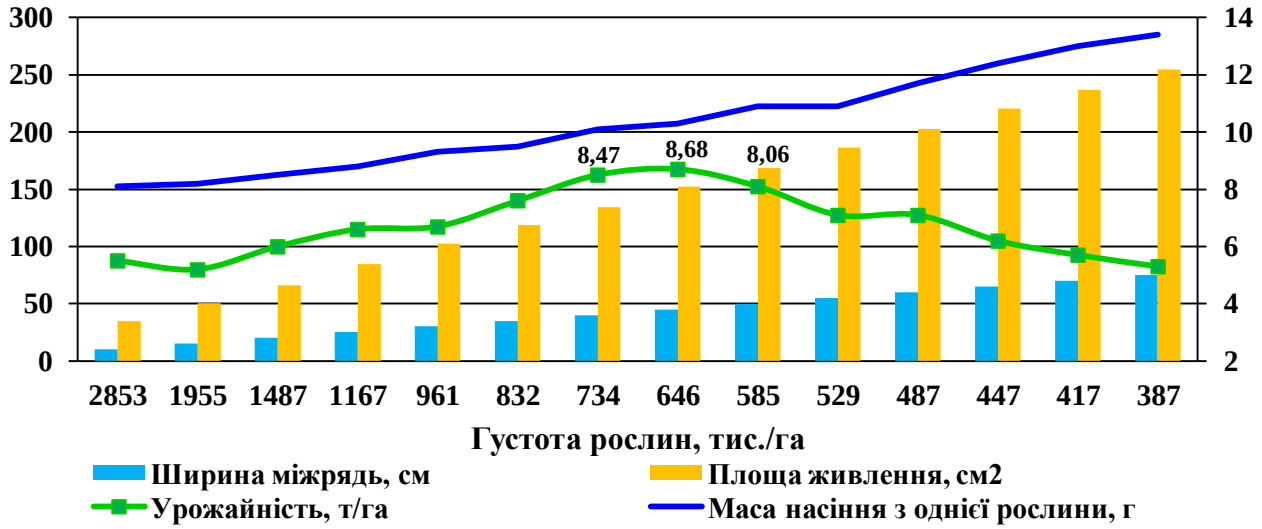


Рис. 6.1. Вплив площі живлення, ширини міжрядь та густоти рослин на індивідуальну продуктивність та урожайність сої сорту Титан

Наступна зміна площі живлення в діапазоні 134-168 см^2, ширини міжрядь 40-50 см та густоти рослин 734-585 тис./га призвела до того, що урожайність сої набувала найбільших значень 8,47-8,06 т/га, в подальшому відбувалось зменшення рівня показника з 7,09 до 5,33 т/га.

Урожайність сорту Паллада зростала та набувала високих показників при площі живлення рослини в межах 148-186 см^2, відповідно ширині міжрядь 40-50 см та густоті рослин 674-538 тис./га. Найбільше значеня урожайності 6,54 т/га спостерігалось при площі живлення 167 см^2, що відповідає ширині міжрядь 45 см та густоті рослин 598 тис./га.

Подальше збільшення площі не забезпечувало підвищення урожайності, вона поступово знижувалась.

Збільшення площі живлення сорту Кобуко у межах від 35 до 148 см^2 призводило до збільшення урожайності від 4,36-8,20 т/га. При площі живлення 167-202 см^2 та густоті рослин 598-495 тис./га рівень урожайності сорту залишався на рівні 9,00-8,70 т/га. Надалі збільшення площі живлення, ширини міжрядь та зменшення густоти призводило до зниження урожайності до 7,22 т/га.

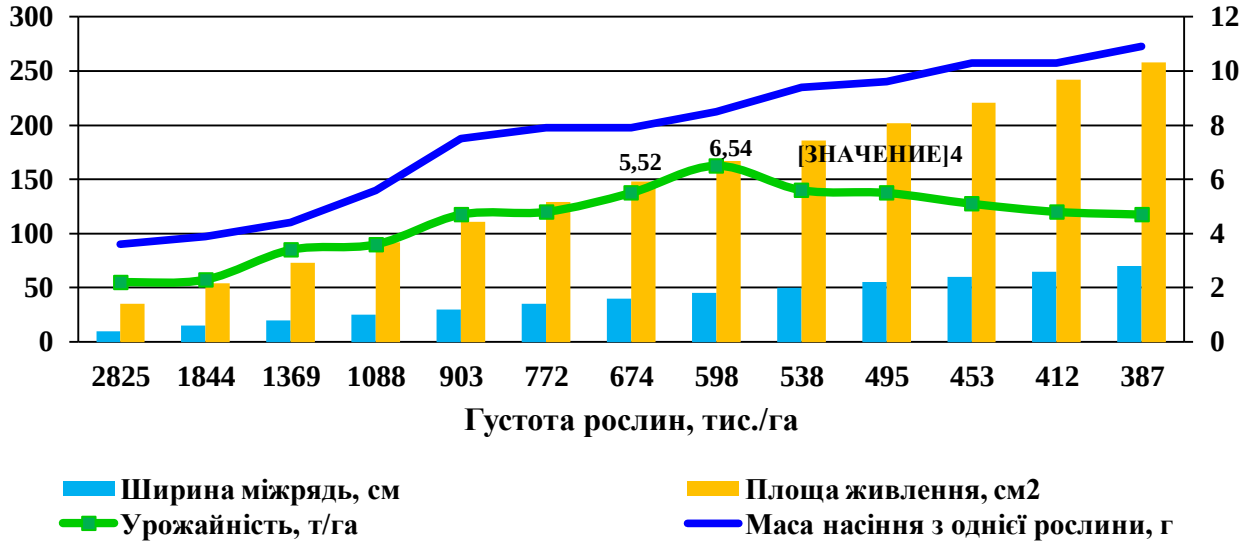


Рис. 6.2. Вплив площі живлення, ширини міжрядь та густоти рослин на індивідуальну продуктивність та урожайність сої сорту Паллада

Аналогічна залежність виявлена із показниками висоти рослин та кількості вузлів на одній рослині. У сорту Титан дані показники зростали та набували найбільших значень відповідно 87,0-87,2 см та 17,2-18,0 шт./рослину при площі живлення 153-168 см2, ширині міжрядь 45-50 см та густоті 585-646 тис./га.

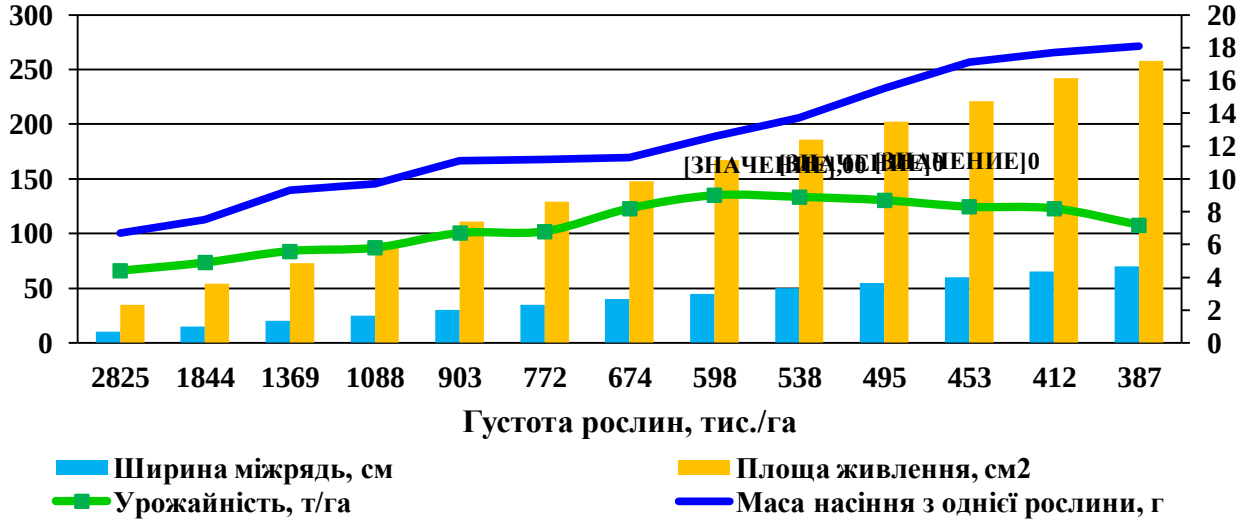


Рис. 6.3. Вплив площі живлення, ширини міжрядь та густоти рослин на індивідуальну продуктивність та урожайність сої сорту Кобуко

Для сорту Паллада і Кобуко найбільша висота 87,4-90,0 та 98,8-100,0 см та кількість вузлів 19,0-26,0 та 24,4-25,6 см формувалась при площі живлення

відповідно 148-186 $см^2$ та 167-202 $см^2$. В подальшому зміна технологічних прийомів призводила до зменшення показників.

Таким чином, результати досліджень свідчать про високу пластичність дослідних сортів до зміни величини площі живлення. Тобто, існує певний інтервал густот, в межах яких зміна площі живлення сприяє збільшенню продуктивності рослин сої. Найвищі показники продуктивності рослин сорту Титан формувались при площі живлення від 134 до 168 $см^2$, сорту Паллада – 148-186 $см^2$ та Кобуко – 167-202 $см^2$, що відповідає густоті від 734 до 585 тис./га, від 674 до 538 тис./га та від 598 до 495 тис./га і обумовлює найвищу урожайність насіння з одиниці площі. Послідуюче збільшення або зменшення густоти рослин призводить до зменшення рівня індивідуальної продуктивності. Формування посівів з оптимальною густотою рослин є одним із визначальних факторів при формуванні урожайності сої.

6.2. Індивідуальна продуктивність сої залежно від технологічних прийомів.

Відомо, що урожайність сої залежить від індивідуальної продуктивності однієї рослини та загальної їх кількості на гектарі. Тому необхідне таке співвідношення показників продуктивності культури, яке б забезпечило одержання максимального урожаю з одиниці площі, що можливо лише при поєднанні оптимальної густоти рослин на одиниці площі та їх індивідуальної продуктивності, яка суттєво залежить від сортових особливостей та способів сівби [199].

Правильна ширина міжрядь при вирощуванні сої має важливе значення для рослин, які конкурують за вологу, поживні речовини та сонячне світло [200]. Мала густота посіву при вузькорядному способі сівби сої призводить до високих втрат насіння під час збирання урожаю, особливо за недостатньої кількості опадів [201]. Зі зібльшенням густоти посіву спостерігаються зміни морфології та швидкості росту, кількості гілок [202]. Більша густота за рахунок

широкорядного способу призводить до збільшення висоти рослин і вилягання, а також зменшення кількості бобів та насіння на рослині [203, 204].

При виборі способу сівби, важливо враховувати пластичність сої до площі живлення, що проявляється в зміні індивідуальної продуктивності рослин. У посівах сої з оптимальною площею живлення рослин основна кількість бобів формується на головному пагоні, у зріджених – на бокових гілках. Занадто густий посів призводить до вилягання рослин та неповного використання поживних речовин [205].

Результати проведених біометричних досліджень показали, що максимальна кількість бобів на одній рослині у Романтики – 34,3 і Аннушки – 31,8 шт. та маса 1000 насінин відповідно 159 г, 171 г відмічена при рядковому способі сівби з шириною міжряддя 12,5 см. Збільшення ширини міжрядь до 50 см знижувало показники на 11,6-15,1 % та 4,6-2,4 % [206].

Науковцями з Китаю було досліджено, що зі збільшенням ширини міжрядь з 15 см до 45 см поступово зменшувалися середня кількість бобів на рослину – на 0,3-8,1 шт., кількість зерен на рослину – на 0,7-1,3 шт., маса зерна на рослині – на 1,0-2,2 г та урожайність сої – на 0,4-0,8 т/га, а маса сотень зерен – зростала - на 0,4-0,9 г [207].

Дослідженнями проведеними в Західній Африці встановлено, що зі збільшенням ширини міжряддя від 10 до 100 см кількість бобів на рослині та маса насіння сої збільшувалась відповідно від 60,97 до 95,67 шт./рослину та від 27,78-43,37 г, проте маса 100 насінин та урожайність зменшувались на 0,33-2,67 г та на 1,36-2,97 т/га [208].

При проведенні досліджень в Польщі було виявлено, що більші показники індивідуальної продуктивності сорту сої Мерлін формувались при ширині міжрядь 15 см та перевищували варіанти з міжряддям 30 см на 3,4-12,2 %. Також суттєвий вплив на параметри структури врожайності мали погодні фактори [209].

Схожі результати досліджень були отрмані протягом 2022-2024 року. Вони показали, що складові структури урожаю сої залежали від генетичного

потенціалу сортів, гідротермічних умов та від факторів, що були поставлені на вивчення.

Найбільші показники індивідуальної продуктивності рослин відмічено у сорту Титан при рядковому способі сівби з міжряддям 15 см. На даному варіанті формувалась найбільша кількість бобів – 38,4 шт. та кількість насінин – 84,1 шт., що є важливим компонентом структури урожаю сої, який визначає продуктивність рослин і забезпечує формування врожаю культури [210]. Маса насіння з однієї рослини на даному варіанті становила 15,4 г та маса 1000 насінин – 176,6 г, що більше відповідно на 5,2 та 8,2 шт., 8,3 та 9,7 шт., 2,6 та 4,5 г, 10,3 та 14,6 г порівняно з способами сівби з шириною міжрядь 30 см та 45 см (табл. 6.5). Перевага за показниками продуктивності сорту Титан над ішими сортами значно зростала за умови оптимізації погодних умов вегетаційного періоду.

Таблиця 6.5

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від сорту та способу сівби 2022-2024 рр., *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Кількість плодоелементів, шт./росл.		Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
		бобів	насінин		
Титан	Рядковий, 15 см	38,4 ±10,3	84,1 ±20,2	15,4 ±4,6	176,6 ±12,2
	Рядковий, 30 см	33,2 ±8,4	75,8 ±14,8	12,9 ±3,2	166,9 ±13,6
	Широкорядний, 45 см	30,2 ±8,4	66,3 ±16,7	10,9 ±3,2	162,0 ±13,7
Паллада	Рядковий, 15 см	31,5 ±2,9	71,1 ±5,0	10,6 ±0,4	168,9 ±5,9
	Рядковий, 30 см	32,5 ±4,4	73,3 ±9,0	11,4 ±1,3	172,2 ±7,1
	Широкорядний, 45 см	23,8 ±1,6	61,9 ±7,3	9,5 ±1,2	164,0 ±7,4
Кобуко	Рядковий, 15 см	39,3 ±5,5	68,7 ±15,9	12,8 ±3,3	170,5 ±7,2
	Рядковий, 30 см	30,1 ±7,6	63,5 ±14,4	11,2 ±3,4	165,5 ±8,1
	Широкорядний, 45 см	26,2 ±7,5	56,8 ±15,7	10,0 ±3,5	162,0 ±7,5

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Встановлено, що сорт Паллада дещо по іншому реагував на ширину

міжрядь та показники основних елементів структури урожаю були дещо меншими ніж у попереднього сорту. Найвищі показники індивідуальної продуктивності рослин формувалися на варіантах досліду, де сівбу проводили з шириною міжрядь 30 см. Кількість бобів на даному варіанті становила 32,5 шт., кількість насінин – 73,3 шт., маса насіння з однієї рослини – 11,4 г та маса 1000 насінин – 172,2 г. При зменшенні ширини міжрядь до 15 см дані показники зменшувались відповідно на 1,0 шт., 2,2 шт., 0,8 г та 3,3 г. Збільшення ширини міжрядь до 45 см призвело до формування найнижчих показників індивідуальної продуктивності, які були відповідно на 8,7 шт., 11,4 шт., 1,9 г та 8,2 г меншими ніж при ширині міжрядь 30 см.

Детальний аналіз елементів структури урожаю сорту сої Кобуко показав, що максимальні кількісні показники індивідуальної продуктивності, а саме кількість бобів на рослині 39,3 шт., кількість насіння 68,7 шт., та вагові - маса насіння 12,8 г і маса 1000 насінин 170,5 г з однієї рослини були отримані в результаті сівби сої вузькорядним способом. Формування показників структури урожаю при сівбі з шириною міжрядь 30 см та 45 см поступалось даному варіанту відповідно на 9,2-13,1 шт., 5,2-11,9 шт., 1,6-2,8 г та 5,0-8,5 г.

Варто зазначити, що збільшення ширини міжрядь від 15 см до 45 см для всіх дослідинх сортів, зменшувало рівень показників індивідуальної продуктивності рослині в середньому на 3,5-40,1 %.

Врожайність насіння сої тісно пов’язана з умовами, що складаються на останніх етапах росту і розвитку рослин, які обумовлюють ступінь виповнення насінин, тобто сприяють формуванню крупного й добре розвиненого насіння. Виповненість насіння сої характеризує маса 1000 насінин. Як показують багаточисельні дослідження, між виповненістю насінин і величиною врожаю в більшості випадків існує пряма залежність. Зменшення маси насіння є результатом порушення нормального процесу його наливу [211].

Гарантією отримання високої врожайності є високоякісне насіння. Виявлено, що обмін речовин, який відбувається в насінні в процесі розвитку, залежить не тільки від спадкової основи ознак, а й від тих умов, в яких воно

формується. Залежно від цих умов у насінні інакше перебігають фізіологічні процеси, по-різному відбувається синтез і накопичення елементів, що в кінцевому результаті значною мірою визначає врожайні та якісні властивості насіння [212].

Різноякісності насіння сої передує різноякісність репродуктивних органів, формування яких відбувається неоднаково і неодночасно в різних частинах рослини. Матрикальну різноякісність пов'язують із здатністю рослини продукувати пилок різного роду, якісні показники якого обумовлені місцем формування його на материнській рослині [213]. Місце утворення насіння на рослині обумовлює його різноякісність в силу не лише різних умов зовнішнього середовища при їх формуванні, а й іншого забезпечення необхідними речовинами [214]. Відмінності у просторовому розміщенні насінини на материнській рослині спричиняють різницю в умовах розвитку зав'язі, пов'язаних з неодночасним проходженням етапів морфогенезу, різними умовами живлення необхідними сполуками окремих насінин та неоднаковим впливом материнського організму.

Відмінності за розмірами насіння спричиняється не лише розміщенням бобу на рослині, а й розміщенням зернини в бобі: треті (від маточки) насінини мають менші розміри і масу, ніж перші і другі [215].

За А. О. Бабичем [51] насіннєва продуктивність рослини сої на 20 % залежить від генотипу сорту, а за даними інших науковців [216-219] – велике значення мають також фактори зовнішнього середовища та технології вирощування. Середовище, взаємодія генотипу із середовищем мають значний вплив на прояв і мінливість багатьох морфологічних і господарсько-цінних ознак рослин, зокрема і ознаки «маса 1000 насінин» [220].

В результаті проведених досліджень протягом 2022 року встановлено, що аналіз маси 1000 насінин рослин сорту Титан та Кобуко по ярусах вказує на параболічний характер даного показника (рис. 6.2). Насіння сої, що утворилося в середньому ярусі рослини, було крупнішим і виповненішим та перевищувало за фізичним показниками насіння верхнього та нижньому ярусу стебла.

У сорту Паллада спостерігався прямолінійний характер формування даного показника. Найбільша маса 1000 насінин спостерігалась у верхньому та дещо менша - у середньому ярусі. Насіння нижнього ярусу було щуплим та невиповненим.

Встановлено, що найнижча маса 1000 насінин дослідних сортів в умовах року досліджень спостерігалась у нижньому ярусі, це було наслідком того, що період наливання насіння для цього ярусу характеризувався надмірною кількістю опадів та низькою середньодобовою температурою повітря 17,7 °С, мінімальна температура становила 9-14,7 °С протягом другої декади липня, що було нетиповим для даного періоду.

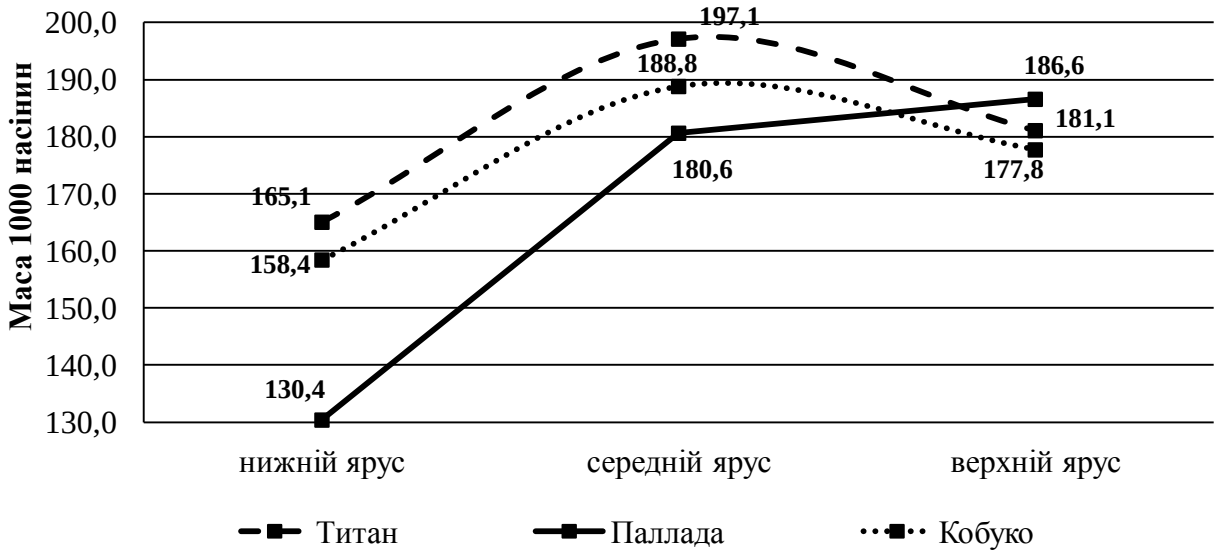


Рис. 6.2 Маса 1000 насінин рослин сої по ярусах, г (2022 р.)

Адже зниження температури під час вегетації сої до 14 ^{o}С призупиняє ріст і розвиток її рослин, а стійкі температури 13–15 ^{o}С негативно впливають на процеси цвітіння, зав’язування і формування бобів [160]. В результаті така холодна та дощова погода викликала порушення нормальних фізіолого-біохімічних процесів наливання насіння і синтезу білка та жиру.

У 2023 р. при проведенні досліджень встановлено, що маса 1000 насінин дослідних сортів сої була меншою ніж у попередньому році, адже період наливу насіння характеризувався посушливими гідротермічними умовами. Відомо, що соя достатньо посухостійка на початку росту та значно більш вимоглива до вологи у фазі цвітіння, утворення бобів і наливу насіння. У ці

фази оптимальна вологість ґрунту повинна становити 70-80 % [78]. Протягом даного періоду середньодобова температура на 3,4 °С перевищувала середню багаторічну, а максимальна сягала рівня 32,2-34,0 °С, кількість опадів становила лише 50 % від багаторічної норми.

В свою чергу дефіцит вологи ще більше посилював негативний вплив високої температури, при якій насіння занадто швидко висихало, внаслідок чого ставало щуплим і в результаті мало меншу масу [221].

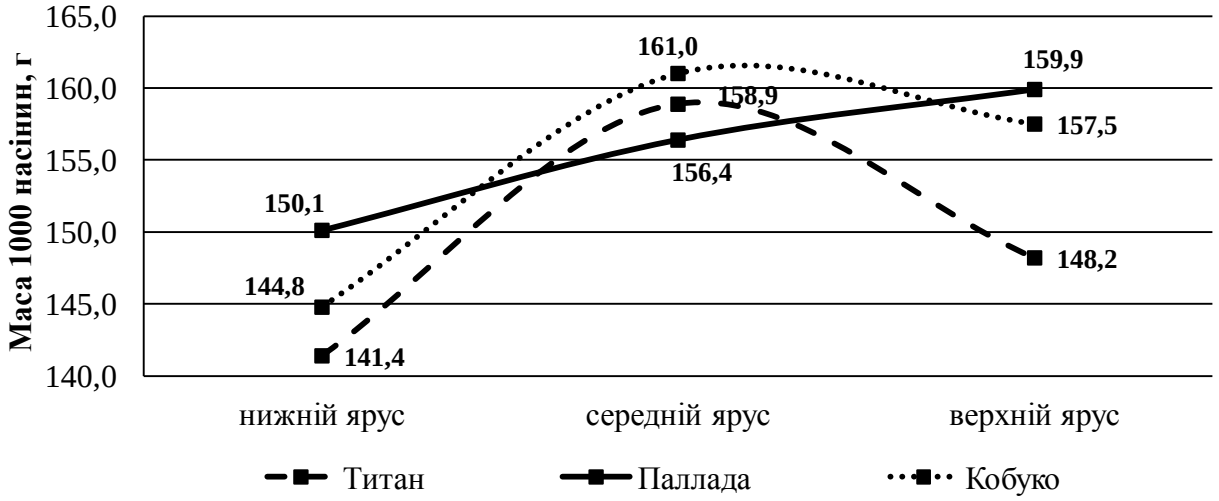


Рис. 6.3. Маса 1000 насінин рослин сої по ярусах, г (2023 р.)

Одержані дані свідчать що маса 1000 насінин по ярусах мала параболічний характер для сортів Титан та Кобуко, а для сорту Паллада – прямолінійний. Найнижчою маса 1000 насінин була у нижньому ярусі та залежно від сорту становила 141,4-150,1 г, найбільшою – у середньому 156,4-161,0 г та дещо меншою у верхньому ярусі – 148,2-159,9 г (рис. 6.3.).

Отримані експериментальні дані у 2024 році вказують, що маса 1000 насінин була більшою на 14,6 % ніж у попередньому році. Найвищу масу 1000 насінин дослідних сортів (178,8-191,6 г) встановлено у середньому ярусі, дещо менша у нижньому – 171,3-188,6 г та найнижча у верхньому ярусі – 156,9-173,7 г (рис.6.4). Такі результати зумовлені тим, що під час наливу насіння, особливо верхнього ярусу, температурний режим досягав аномальних критеріїв періоду, що на 3,8-7,4 °С вище за норму. За весь період спостережень

метеостанцій аномалії такого рівня не відзначалися. Проте не зважаючи на вищу температуру та майже однакову кількість опадів порівняно з попереднім роком, вирішальним виявився розподіл опадів у критичні фази росту рослин. Зокрема у період наливу насіння у поточному році випало 38,1-55,1 мм, а в попередньому на половину менше – 18,7-27,5 мм, що вплинуло на формування більшої маси 1000 насінин ніж у попередньому році. Аналогічно попереднім рокам характер формування маси 1000 насіни для сортів Титан та Кобуко був у формі параболи, а для Паллади - прямолінійним.

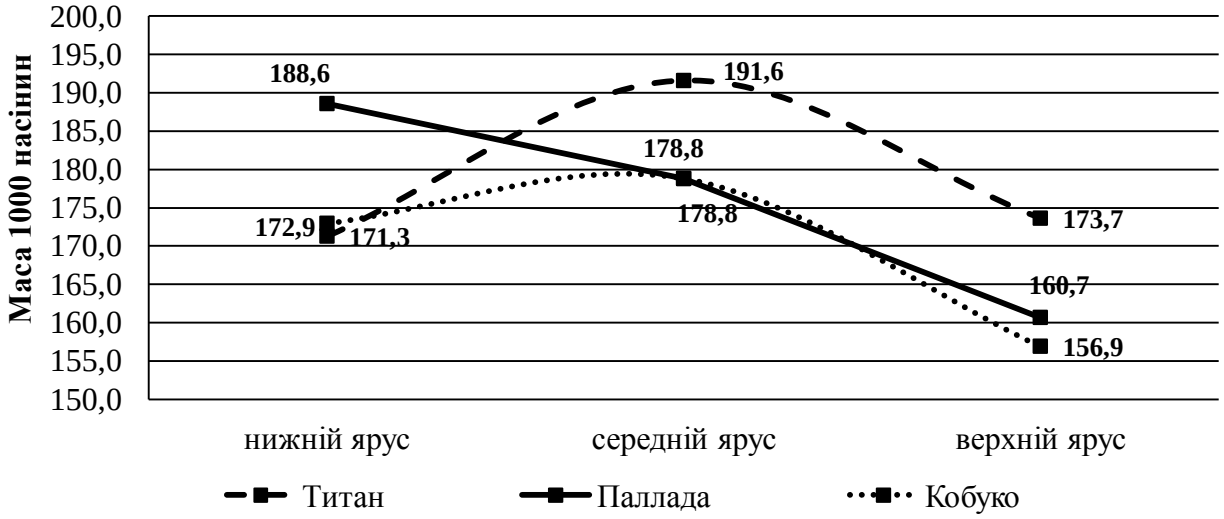


Рис. 6.4. Маса 1000 насінин рослин сої по ярусах, г (2024 р.)

Щоб зменшити негативний вплив різноякісності насіння на формування і функціонування продуктивного ценозу сої, необхідно створювати сприятливі умови в період вегетації сої шляхом розробки і застосування відповідних агротехнічних прийомів, одним з яких являється спосіб сівби.

При проведенні досліджень протягом 2022-2024 рр. показник маси 1000 насінин в значній мірі піддавався впливу факторів, що вивчалися. На варіантах досліду, де сівбу сої проводили широкорядним способом сівби маса 1000 насінин по ярусах для сорту Титан становила: нижній – 147,6 г, середній – 175,3 г, верхній – 159,9 г (табл. 6.6). Звуження міжрядь до 30 см або 15см забезпечило збільшення показника у нижньому ярусі відповідно на 6,9-14,0 %, у середньому на 1,9-9,6 % та у нижньому на 2,6-11,2 %. Найбільший приріст

спостерігався при вузькорядному способу сівби. Аналогічну залежність впливу способу сівбу на масу 1000 насінин відмічено для сорту Кобуко, приріст становив: нижній ярус - 4,4-10,2 %, середній – 3,6-5,2 %, верхній – 7,9-12,5 %. Для сорту Паллада збільшення показників маси 1000 насінин по ярусах становило 1,7-4,4 %, 5,0-6,3 % та 4,6-7,6 %. Найвище значення забезпечив рядковий спосіб сівби з міжряддями 30 см.

Слід відмітити, що протягом 2022-2024 рр. для досліджуваних сортів найменшою маса 1000 насінин по ярусах була при застосуванні сівби сої широкорядним способом з шириною міжрядь 45 см.

Таблиця 6.6

Вплив способу сівби на масу 1000 насінин рослин сої по ярусах, г (2022-2024 рр.), *M ± m

Сорт	Спосіб сівби	Маса 1000 насінин, г		
		нижній ярус	середній ярус	верхній ярус
Титан	Рядковий, 15 см	168,3 ±13,7	192,1 ±8,6	177,9 ±13,5
	Рядковий, 30 см	157,8 ±9,9	178,5 ±12,2	164,1 ±7,2
	Широкорядний, 45 см	147,6 ±7,6	175,3 ±14,0	159,9 ±9,4
Паллада	Рядковий, 15 см	156,4 ±16,2	174,1 ±6,6	169,6 ±7,5
	Рядковий, 30 см	160,6 ±19,3	176,2 ±7,5	174,5 ±12,0
	Широкорядний, 45 см	153,8 ±15,5	165,8 ±9,2	162,2 ±7,3
Кобуко	Рядковий, 15 см	166,8 ±10,6	179,1 ±8,5	172,5 ±9,2
	Рядковий, 30 см	158,0 ±9,1	176,4 ±6,6	165,3 ±7,8
	Широкорядний, 45 см	151,3 ±4,8	170,3 ±9,1	153,3 ±4,1

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

За результатами регресійного аналізу встановлено залежність між масою 1000 насінин та способами сівби. Дана залежність описуються рівнянням лінійної регресії:

Сорт Титан

$y = -0,5195 x + 183,55$

Коефіцієнт кореляції $R = 0,983$; коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,965$.

Сорт Паллада

$y = -0,1626 x + 173,25$,

Коефіцієнт кореляції $R = 0,676$; коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,457$.

Сорт Кобуко

$y = -0{,}2734\ x + 176{,}29$,

Коефіцієнт кореляції $R = 0{,}992$; коефіцієнт детермінації $R^2 = 0{,}983$.

де у – маса 1000 насінин, г; х – спосіб сівби, см.

Важливою ознакою придатності сорту до механізованого збирання є висота прикріплення нижнього ярусу бобів на рослині. Їх низьке прикріплення призводить до зменшення урожайності сорту, оскільки значна частина бобів втрачається під час збирання комбайном [222]. Втрати під час збирання можуть сягати від 3 до 20%. Оптимальною висотою прикріплення нижнього бобу вважається 12–15 см [42].

У загущеному посіві боби формуються у верхній частині рослин, наслідком цього є низька урожайність насіння. За зрідженого розміщення рослин характерне близьке до поверхні ґрунту закладання бобів, яке спричиняє значні втрати врожаю під час збирання [18].

Проведені дослідження дали можливість також встановити вплив досліджуваних прийомів технології на висоту прикріплення бобів нижнього ярусу – важливу господарську ознаку, від якої залежить величина втрат при механізованому збиранні.

Протягом 2022-2024 рр. встановлено, що висота прикріплення нижнього бобу віддзеркалювала тенденції, що були зафіксовані стосовно лінійної висоти рослин сої тільки зі зменшеним діапазоном коливань. Рядковий спосіб сівби сприяв зменшенню висоти закладки нижніх бобів, тоді як широкорядний – навпаки. За рядкового і черезрядкового способів сівби нижні боби у сорту Титан закладалися на висоті 14,0-15,4 см від поверхні ґрунту, у сорту Паллада – 21,2-23,0 см та у сорту Кобуко – 14,9-17,1 см, що забезпечувало ефективне механізоване збирання урожаю (табл. 6.7). За широкорядного способу сівби рослини мали на 1,6-4,2 см більшу висоту прикріплення нижніх бобів, що в результаті призвело до зменшення зони плодоношення сої.

Схожі результати досліджень були отримані й іншими науковцями. За ширини міжрядь 19+19+19 см висота прикріплення нижнього бобу на рослинах сорту Сірелія складала 11,18 см, тоді як в сорту Сайдіна була 13,99

см, в сорту Вишиванка вона була 11,89 см, а в сорту Жаклін – 12,21 см. При збільшенні ширини міжрядь до 38+38+38 см, висота прикріплення нижнього бобу порівняно з базовими міжряддями в 19 см в сорту Сірелія зросла на 0,26 см, в сорту Сайдіна на 0,40 см, в сорту Вишиванка на 0,41 см а в сорту Жаклін на 0,23 см [237].

Дослідженнями за розвитком сої встановлено, що залежно від способів сівби змінюється габітус рослин сої та їх індивідуальна продуктивність. За рядкового і черезрядкового способів сівби рослини мали товсте, розгалужене стебло, нижні боби закладалися на висоті 15-17 см від поверхні ґрунту. За широкорядного способу сівби рослини були тонкими, мали на 4-5 см більшу висоту прикріплення нижніх бобів [48].

У результаті досліджень також виявлено, що спосіб сівби суттєво впливав на зону плодоношення, тобто продуктивну частину рослин сої. Відмічено, що у сорту Титан зона плодоношення коливалась в межах 75,8-80,5 %, у сорту Паллада – 75,1-77,4 % та Кобуко 76,9-80,3 % (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Вплив способу сівби на зону плодоношення рослин сої (у середньому за 2022–2024 рр.), *M ± m

Сорт	Ширина міжряддя, см	Висота прикріплення верхнього бобу, см	Висота прикріплення нижнього бобу, см	Зона плодоношення	
				см	%
Титан	15 см	71,7	14,0	57,7 ±3,6	80,5 ±0,4
	30 см	73,6	15,4	58,2 ±4,3	79,0 ±0,5
	45 см	76,5	18,2	58,3 ±5,8	75,8 ±2,1
Паллада	15 см	93,6	21,2	72,5 ±1,4	77,4 ±0,8
	30 см	99,4	23,0	76,4 ±3,3	76,8 ±0,1
	45 см	102,7	25,4	77,3 ±4,6	75,1 ±1,3
Кобуко	15 см	76,1	14,9	61,2 ±3,0	80,3 ±0,8
	30 см	80,0	17,1	62,9 ±3,0	78,6 ±1,4
	45 см	81,7	18,7	63,0 ±4,2	76,9 ±2,0

Примітка: *M ± m – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості

Максимальну величину зони плодоношення відмічено у сорту Титан

80,5 % при рядковому способі сівби з шириною міжрядь 15 см. Різниця в зоні плодоношення між способами сівби для даного сорту становила 1,5-4,7 %. На ділянках, де сою сорту Паллада та Кобуко висівали звичайним рядковим способом сівби з шириною міжрядь 15 см, спостерігали також найбільшу зону плодоношення 77,4 % та 80,3 %. При збільшені ширини міжрядь показник зменшувався відповідно на 0,6-2,3 % та 2,7-4,4 %.

Отримана залежність підтверджується результатом кореляційно-регресійного аналізу, який сівдчить про сильний позитивний зв'язок між способами сівби та висотою прикріплення нижнього бобу r = 0,992. Також отримано сильний негативний зв'язок між спсобами сівби та зоною плодоношення r = - 0,979, так як збільшення ширини міжрядь зумовлювало зменшення цього показника.

Проведені дослідження протягом 2022-2024 рр. свідчать про те, що поряд із зміною показників індивідуальної продуктивності залежно від способів сівби та сорту, вплив на формування даних показників мали гідротермічні умови року проведення досліджень (Додаток Т).

Протягом більш сприятливого за рівнем зволоження 2022 р. показники структури урожайності сої мали більші значення у порівнянні з посушливим 2023 та 2024 роком. Статистична обробка даних вибірки дала можливість встановити сильний кореляційний зв’язок між цими показниками. Коефіцієнт кореляції між кількістю бобів на рослині та середньодобовою температурою становив r = -0,779, а кількістю опадів r = 0,958. Парний коефіцієнт кореляції між кількістю насінин та гідротерміними показниками становив відповідно r = -0,724 та r = 0,931. Коефіцієнт кореляції між масою насіння і кількістю опадів за вегетаційний період становив r = 0,932, між середньодобовою температурою коефіцієнт становив r = -0,726. Розрахунок коефіцієнтів парної кореляції виявив, що показники індивідуальної продукивності більшою мірою варіювали від кількості опадів, ніж від середньодобової температури за вегетаційний період.

Таким чином, на підставі результатів дослідження можна стверджувати,

що сівба сої сорту Титан та Кобуко рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада - з міжряддям 30 см, сприяла формуванню найбільших показників індивідуальної продуктивності. Протягом 2022-2024 рр. встановлено, що найбільша кількість бобів 38,4 шт., насінин на одній рослині 84,1 шт.,їх маса 15,4 г та маса 1000 насінин 176,6 г формувались на ділянках сорту Титан, що більше в середньому відповідно на на 5,2 та 8,2 шт., 8,3 та 17,8 шт., 2,6 та 4,5 г, 9,7 та 14,6 г порівняно з способами сівби з шириною міжрядь 30 см та 45 см. У сорту Паллада та Кобуко спостерігались аналогічні залежності, проте абсолютні показники індивідуальної продуктивності рослин були дещо нижчими. Відмічено також, що у міру збільшення ширини міжрядь висота прикріплення нижніх бобів дослідних сортів збільшувалася на 1,6-4,2 см, а зона плодоношення зменшувалася на 0,6-4,7 %.

6.3. Урожайність насіння сої залежно від способів сівби.

Урожайність - показник, який об’єднує дію всіх факторів життя на рослинний організм у період свого росту та розвитку. Для одержання високих врожаїв сої потрібно формування потужного фотосинтетичного та симбіотичного потенціалів які є основою високої продуктивності агробіоценозів бобових. Також велику роль у формуванні урожаю відіграють гідротермічні ресурси регіону, генетично обумовлена продуктивність сортів та стійкість до несприятливих факторів довкілля. У зв’язку з цим, ознаки продуктивності й стійкості повинні бути узгоджені у біологічному відношенні так, щоб у кожному випадку вони найкращим чином відповідали умовам довкілля [96]. Виникає необхідність пошуку шляхів направлених на раціональне використання факторів життя соєю за рахунок технологічних прийомів, зокрема способів сівби.

Спосіб сівби або ширина міжрядь – важливий фактор, який слід ураховувати при плануванні сільськогосподарських ділянок, що впливає на подальший розвиток та конкуренцію між рослинами за природні ресурси, такі

як світло, вода та поживні речовини. Правильний підбір ширини міжрядь забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, що в свою чергу позитивно впливає на їхню продуктивність.

До вибору способів сівби треба підходити диференційовано з урахуванням біологічних особливостей сортів, світлового та гідротермічного режимів зони. Кращим є такий спосіб сівби, який у конкретній зоні найбільшою мірою відповідає біологічним особливостям сорту та сприяє кращому використанню рослинами ґрунтової родючості, вологи, світла [26]. Проте, незважаючи на численні публікації з цього питання, думки дослідників щодо впливу способу сівби та ширини міжрядь на врожайність сої досить суперечливі [28, 29].

Результатами досліджень Краточвиля та Хольсхаусера і Уіттакера, за міжряддя 19 см порівняно з 38 см і за 23 см проти 46 см, було отримано вищу урожайність за вужчого міжряддя [238].

Дослідження вчених Де Брюна і Педерсена також показали, що вузькорядний посів сої дозволяє отримати більш високі врожаї, ніж широкорядний, наприклад, при 38 см порівняно із 76 см [239].

За ширини міжрядь 19+19+19 см в сорту Сірелія урожайність була 2,72 т/га, в сорту Сайдіна була 2,65 т/га, в сорту Вишиванка – 2,49 т/га, а в сорту Жаклін – 2,55 т/га. При вирощування посівів з міжряддями 19+38+19 см отримано прибавку урожайності 0,08 - 0,11 т/га. За збільшення ширини міжрядь до 38+38+38 см урожайність сортів сої зменшувалась на 0,13-0,36 т/га порівняно з базовими міжряддями 19 см [237].

У системі вирощування ранньостиглої сої, яка практикується у деяких регіонах США, за висновками вчених Холсхаузера та Боуерса, показник урожайності вищий тоді, коли міжряддя становить від 23 см до 40 см [240].

Результатами дослідження проведеному у Правобережному Лісостепу України було встановлено, що у разі збільшення ширини міжряддя від 12,5 до 45 см відбувалося зниження урожайності від 4,30-2,92 т/га [164].

З наукових джерел літератури відомо, що для отримання високої

урожайності сої міжряддя мають забезпечувати повне поглинання сонячної енергії листковим апаратом рослин, а не на нагрівання ґрунту. Встановлено, що саме за рядкової сівби створюються такі умови та формується більший рівень урожайності.

Сорт - один з ефективних та радикальних заходів для зменшення негативного впливу зовнішніх чинників на врожайність культури. Вибір сорту, придатного для умов агрокліматичної зони вирощування, є важливою умовою для отримання найбільшої урожайності сої. Адже вплив сорту на формування врожаю становить якнайменше 30 %. Для найкращого результату, слід вирощувати кілька сортів сої з різною тривалістю вегетаційного періоду, а також здатністю адаптуватися до змін середовища [241,242].

Результати досліджень в умовах 2022-2024 рр. показали, що рівень урожайності дослідних сортів сої коливався в межах 2,72-3,34 т/га. У середньому по досліді відмічено більшу урожайність 3,15 т/га у сорту Титан, дещо меншу у сорту Паллада – 2,99 т/га та Кобуко – 2,89 т/га.

При аналізі індивідуальної реакції досліджуваних сортів сої на застосування агротехнічних елементів, встановлено, що вони по різному реагували на ширину міжрядь (табл. 6.8).

Таблиця 6.8

Урожайність насіння сортів сої залежно від способу сівби середнє за 2022-2024 рр., т/га

Сорт	Ширина міжряддя, см	Урожайність	Прибавка до контролю	
			т/га	%
Титан	15	3,34±0,69	0,36	11,9
	30	3,11±0,54	0,13	4,2
	45	2,99±0,58	-	-
Паллада	15	3,02±0,20	0,20	7,1
	30	3,14±0,25	0,32	11,4
	45	2,82±0,31	-	-
Кобуко	15	3,06±0,43	0,34	12,6
	30	2,88±0,38	0,17	6,1
	45	2,72±0,35	-	-

Примітка: фактор А – сорт, фактор В – спосіб сівби.
$НІР_{0,05}$, т/га: 2022 р.: А- 0,0354; В – 0,0473; АВ – 0,0677; 2023 р.: А- 0,0452; В – 0,0451; АВ – 0,0666; 2024 р.: А- 0,2155; В – 0,2155; АВ – 0,3733

Зокрема, у сорту Титан максимальна урожайність 3,34 т/га формувалась при сівбі його з шириною міжрядь 15 см, що більше на 11,9 % та 7,4 % порівняно з варіантами досліду де його висівали з шириною міжрядь 45 та 30 см. Найвищий показник урожайності сорту Кобуко спостерігався також при вузькорядному способі сівби – 3,06 т/га, приріст відповідно становив 6,3-12,6 %.

Однак, слід відмітити, що у сорту Паллада максимальна урожайність 3,14 т/га формувалася при ширині міжрядь 30 см, що більше відповідно на 4,0 % порівняно з вузькорядним способом та на 11,4 % відносно широкорядного способу сівби.

Протягом 2022-2024 рр. в середньому по досліду зменшення ширини міжрядь від 45 до 15 см призводило до збільшення урожайності сої на 4,2-12,6 %. Це обумовлено тим, що в широкорядних посівах, зокрема з шириною міжрядь 45 см, за однакової густоти рослин на площі, кількість рослин на погонному метрі набагато більша, ніж у звичайних рядкових. В результаті різної форми площі живлення рослин, яка у широкорядних посівах має форму видовженого прямокутника призводить до посилення конкуренції між ними, що негативно впливає на їх продуктивність. Тоді як ширина міжрядь 15 см забезпечує форму площі живлення, яка наближується до форми круга. У таких посівах спостерігається рівномірне розміщення рослин на площі, формується сприятлива оптико-біологічна структура посівів, підвищується ефективність засвоювання сонячної енергії. Такі посіви значно швидше закривають поверхню поля, відповідно зменшуються втрати вологи, створюється відповідний мікроклімат та підвищується конкуренція з бур’янами, при високій культурі землеробства.

Між способом сівби та урожайністю дослідних сортів виявлено сильний позитивний зв’язок. Дана залежність описується рівнянням регресії:

Сорт Титан

$$У = -0,0119х + 3,5044, \quad (6.2.1)$$

Коефіцієнт кореляції рівний r = 0,986,

Сорт Паллада

$$У = -0,0067х + 3,19, \quad (6.2.2)$$

Коефіцієнт кореляції рівний r = 0,619,

Сорт Кобуко

У = -0,00114х + 3,23, (6.2.3)

Коефіцієнт кореляції рівний r = 0,999,

де У – урожайність, т/г, х – спосіб сівби, см.

На основі дисперсійного аналізу було визначено частку участі кожного з досліджуваних факторів та їх взаємодії у формуванні рівня урожайності насіння сої. Встановлено, що протягом сприятливого 2022 року участь у формуванні урожайності насіння факторів, що досліджувались була не рівномірною.

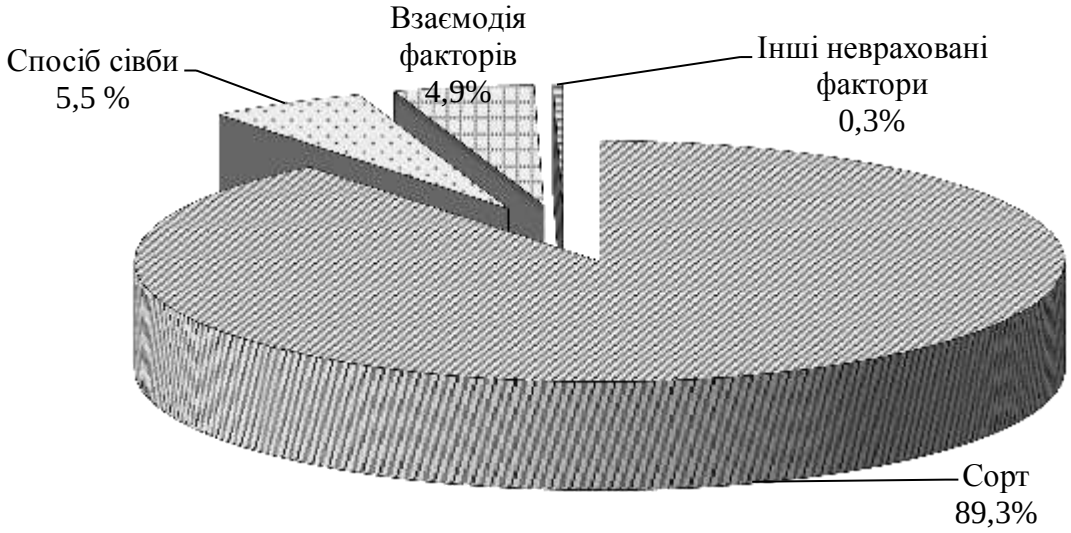


Рис.6.5 Частка впливу факторів на приріст урожаю насіння сої, 2022 р.

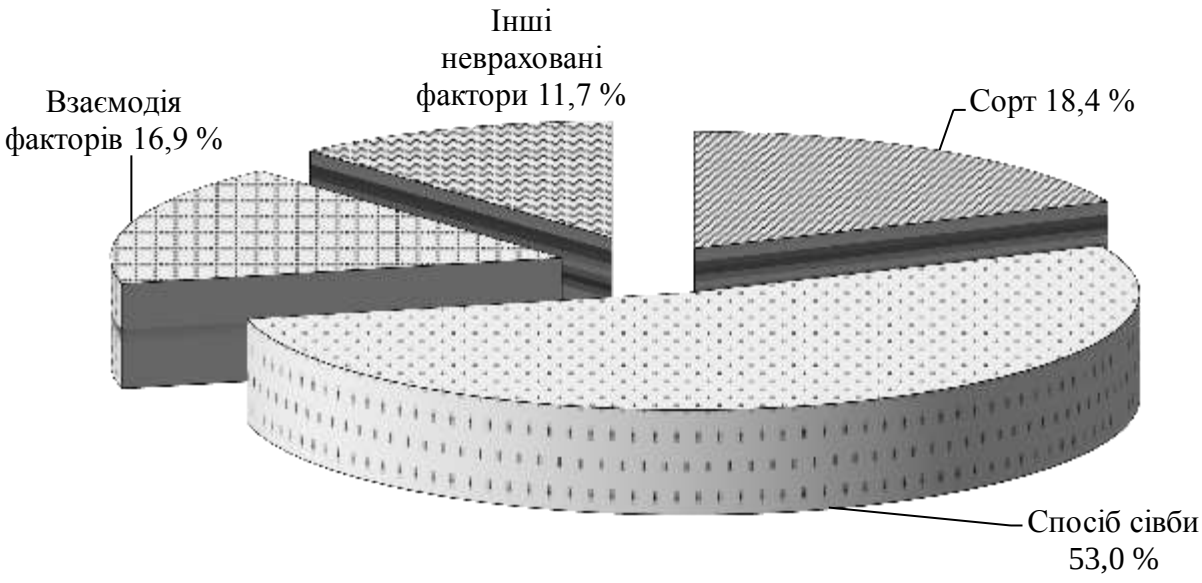


Рис.6.6 Частка впливу факторів на приріст урожаю насіння сої, 2023 р.

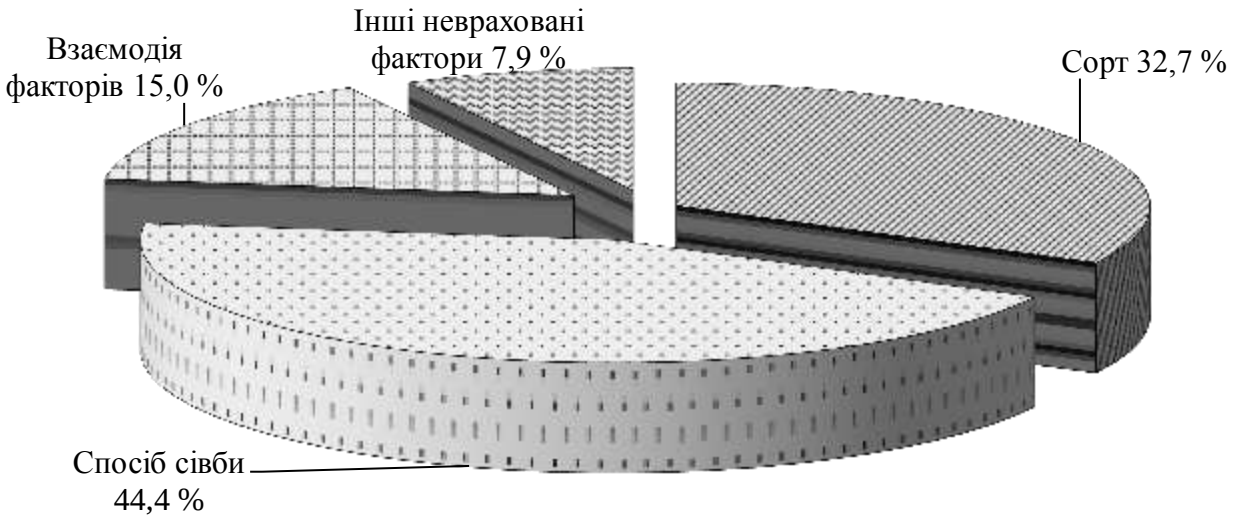


Рис.6.7 Частка впливу факторів на приріст урожаю насіння сої, 2024 р.

Частка фактору А (сорт) становила найбільше 89,3 %, фактору В (спосіб сівби) – 5,5 %, взаємодія факторів – 4,9 %. Вплив інших неврахованих чинників на формування урожайності насіння сої був на рівні 0,3 % (рис. 6.5). Тоді як у посушливих 2023 та 2024 році ефективність способу сівби збільшувалась та становила 44,4-53,0 %, а вплив фактору сорт на формування урожаю зменшувався до 18,4-32,7 %, взаємодія цих факторів становила 15,0-16,9 %, вплив інших неврахованих чинників дорівнював 7,9-11,7 % (рис. 6.6,6.7).

Соя – культура мусонного клімату, має підвищені вимоги до забезпечення вологою і теплом. Вона використовує значно більше води, ніж зернові колосові культури [95, 119, 243]. Найбільш сприятливі гідротермічні умови для формування соєю високих врожаїв складаються за умови накопичення рослинами протягом вегетаційного періоду суми активних температур на рівні 2000-2500□С та кількості опадів – 300-350 мм. При цьому, рівень урожаю культури визначається не абсолютними значеннями гідротермічних показників, а їх розподілом протягом вегетації рослин, особливо, в їх критичні періоди росту та розвитку [96].

Провівши аналіз гідротермічних виявлено, що вони мали вплив на рівень урожайності насіння, адже значне зростання дефіциту природного вологозабезпечення перетворило його в лімітуючий фактор виробництва сої. За

різних способів сівби рослини сої по різному забезпечені продуктивною вологою, а тому її продуктивність більшою мірою визначається рівнем вологозабезпеченості рослин протягом усього періоду їх вегетації.

У 2022 році гідротермічні умови були сприятливими для росту і розвитку рослин сої. Упродовж вегетаційного періоду випало 466,0 мм опадів, а середня температура становила 17,6 °С. Такі умови забезпечили формування високого рівня урожайності в середньому 2,86-4,70 т/га (рис. 6.8) (Додаток Ф). Погодні умови 2024 року досліджень забезпечили достатній рівень урожайності насіння сої - 2,34-3,48 т/га. Температурний режим протягом вегетації дорівнював 20,3°С, а сума опадів – 224,2 мм.

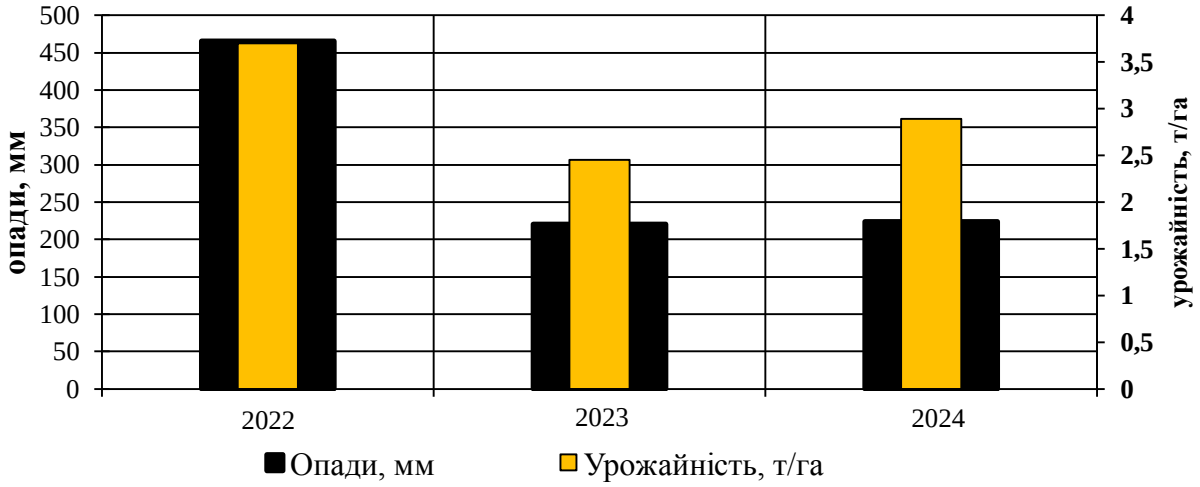


Рис. 6.8. Вплив кількості опадів на урожайність сої, т/га

У 2023 році урожайність була найнижчою 2,25-2,66 т/га, що на 0,44-1,25 т/га менше ніж у попередніх роках. Значний вплив на зниження показника здійснювали мала кількість опадів за вегетаційний період 220,9 мм, нерівномірність їх розподілу та високі температури у критичні періоди вегетації рослин.

Розбіжність між способами сівби також була вищою в більш сприятливих погодних умовах 2022 р. Зокрема, у 2022 р. діапазон мінливості показників урожайності за впливу способу сівби становив в середньому 0,33 т/га, а в 2023 та 2024 рр. – 0,23 т/га та 0,21 т/га.

Результати кореляційно-регресійного аналізу показали, що сила зв'язку рівня урожайності насіння сої є значною та тісно корелює із кількістю опадів за

вегетаційний період r = 0,981 та середньодобовою температурою r = 0,741. Така залежність описується рівнянням лінійної регресії:

$$y = 120,41x – 60,381, \quad (6.2.4)$$

де y – урожайність насіння сої, т/га; x – кількість опадів за вегетаційний період, мм.

$$y = -0,3385x + 9,46, \quad (6.2.5)$$

де y – урожайність насіння сої, т/га; x – середньодобова температура °С.

Встановлено, що кожен сорт потребує відповідного просторового розміщення на площі, які визначаються, перш за все, способом сівби. Слід відмітити, що в світі і в Україні намітилась чітка тенденція до звуження міжрядь при вирощуванні сої. При проведенні досліджень протягом 2022-2024 рр. виявлено, що зменшення ширини міжрядь від 45 до 15 см призводило до збільшення урожайності сої на 4,2-12,6 %. Максимальна урожайність формувалась у сорту Титан 3,34 т/га та дещо менша у сорту Кобуко 3,06 т/га при сівбі з шириною міжрядь 15 см, що більше на 7,4-11,9 % та 6,3-12,6 % порівняно з варіантами досліду де їх висівали з шириною міжрядь 30 см та 45 см. Найбільша урожайність у сорту Паллада 3,14 т/га формувалася при ширині міжрядь 30 см, що більше відповідно на 4,0-11,4 % відносно інших способів сівби.

6.4. Якість насіння сортів сої залежно від елементів технології вирощування.

У сьогоденних реаліях білок та жир – найважливіші сировинні продукти на світовому ринку, адже невпинне зростання населення нашої планети зумовлює необхідність інтенсифікації виробництва високоенергетичних продуктів харчування. Вагому роль у розв'язанні цієї проблеми відіграє соя. Вона поєднує унікальні властивості як бобових, так і олійних культур. У насінні сої міститься близько 40 % білка, до 26 % жиру, значна кількість вуглеводів, цукрів, пектинових і мінеральних речовин, низка вітамінів [244, 245]. Вміст яких

залежить від багатьох факторів: особливостей сорту, кліматичних і ґрунтових умов, забезпечення вологою, мінерального живлення, елементів технології вирощування [51].

Результати досліджень вчених [246, 247, 248, 249] також свідчать про значне варіювання біохімічної складової залежно від генотипу. У насінні сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН вміст протеїну перебуває у межах від 36 % до 40 % і жиру - від 19 % до 22 %. Звісно, він змінюється залежно від кліматичних умов року, але в межах норми реакції сорту [250, 251, 252, 253].

Аналіз основних досліджень і публікацій демонструє, що з'явилися нові сучасні сорти сої з високим потенціалом врожайності, які потребують розробки ефективних сортових технологій з оптимальним поєднанням всіх чинників, які позитивно впливають на ріст і розвиток рослин. Упровадження останніх та правильне застосування елементів технології забезпечуватиме високу врожайність сої та стабілізацію виробництва високоякісного насіння [254].

Результати досліджень проведених протягом 2022-2024 рр. свідчать, що вміст протеїну в насінні сої дослідних сортів залежно від факторів, що вивчались та гідротермічних умов змінювався від 39,0 до 41,5 % (табл.6.9).

Процес біосинтезу білка в насінні сої відбувається під час його дозрівання. Запасні білки утворюються з амінокислот та амідів, які надходять із вегетативної маси. Починаючи з фази цвітіння, в цих органах посилюються гідролітичні процеси і відплив (реутилізація) азоту в репродуктивні органи. Тому склад білка в насінні цієї культуру в міру її дозрівання змінюється [250].

Найвищий показник вмісту протеїну в насінні сої мав сорт Паллада – 40,37 %, що на 0,90 % більше, ніж у сорту Титан та на 0,64 % ніж у сорту Кобуко.

Хімічний аналіз показав, що вміст білка в зерні сої дещо збільшувався із зменшенням ширини міжрядь. Зокрема, у сорту Титан він зростав на 0,4-1,0 %, сорту Паллада - на 0,4-1,9 % та сорту Кобуко – на 0,3-1,9 %. Максимальний вміст білка в насінні сої досліджуваних сортів Титан та Кобуко отримано на варіантах сівби з шириною міжрядь 15 см – 40,0 % та 40,9 %. У сорту Паллада

максимальну кількість протеїну 41,5 % відмічено при сівбі з міжряддями 30 см. Адже на цих варіантах рослини мали збільшену площу асиміляційної поверхні як коріння, так і наземної маси, що впливало на вміст сирого протеїну в насінні сої.

Таблиця 6.9

Вміст та вихід сирого протеїну та жиру в насінні сої залежно від способів сівби, % (середнє за 2022-2024 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Вміст сирого протеїну, %	Вихід сирого протеїну, т/га	Вміст жиру, %	Вихід жиру, т/га
Титан	15	40,0	1,34	20,8	0,69
	30	39,4	1,23	19,0	0,59
	45	39,0	1,17	19,0	0,57
Паллада	15	40,0	1,21	19,0	0,57
	30	41,5	1,30	20,1	0,63
	45	39,6	1,12	19,4	0,55
Кобуко	15	40,9	1,25	20,4	0,62
	30	39,3	1,13	19,1	0,55
	45	39,0	1,06	18,7	0,51

Примітка: фактор А – сорт, фактор В – спосіб сівби.
$НІР_{0,05}$, %: (вміст сирого протеїну, у середньому за 2022–2024рр.): А- 0,122; В – 0,041; АВ – 0,211; (вихід сирого протеїну, у середньому за 2022–2024рр.): А- 0,041; В – 0,038; АВ – 0,066.

Одним з головних продуцентів жиру в світі є соя. За обсягами виробництва серед інших жирів вона посідає третє місце, поступаючись лише соняшниковій і кукурудзяній [51].

Відповідно до стандарту «ДСТУ4694:2008 Соя. Технічні умови» вміст жиру в насінні сої повинен становити не менш як 12,0 %. Отже, за показником вмісту жиру всі сорти сої відповідали вимогам стандарту.

У середньому за три роки дослідження вміст жиру в насінні сої змінювався від 18,7 до 20,8 % залежно від факторів, що вивчались. Показник визначався біологічними особливостями сорту. Більшим вмістом жиру в насінні характеризувався сорт Титан, його вміст коливався в межах 19,0-20,8 %.

Дослідженнями встановлено, що вміст жиру в насінні сої, як і за повідомленнями інших дослідників [255], мав зворотну залежність відносно вмісту протеїну.

Агротехнічні прийоми вирощування сої також мали вплив на вміст жиру в насінні дослідних сортів. Якщо за сівби з шириною міжрядь 15 см вміст жиру становив 19,0-20,8 %, то за ширини міжрядь 30 і 45 см відповідно –19,0-20,1 і 18,7-19,4 %. Найбільший вміст жиру сорту Титан – 20,8 %, Кобуко – 20,4 %, Паллада – 20,1 % отримано в тих варіантах досліду, де сівба проводилась з міжряддям 15 см та 30 см відповідно, що більше на 0,7-1,8 % порівняно з іншими варіантами.

За результатами статистичної обробки експериментальних даних встановлено сильний позитивний зв’язок між вмістом сирого протеїну та рівнем урожайності насіння сої сортів Титан r = 0,998, Паллада r = 0,893, Кобуко r = 0,942.

Ця залежність описується рівняннями регресії:

для сорту Титан – y = 2,824x+30,58

для сорту Паллада – y = 5,5357x + 23,796

для сорту Кобуко – y = 5,6567x + 23,404

де y – вміст сирого протеїну в насінні сої, %; X – урожайність насіння, т/га.

Між вмістом жиру та вмістом протеїну в насінні сої встановлено обернений високий кореляційний зв’язок r = -0,998 , що описується рівнянням регресії:

y = -0,4649x + 32,402, де y – вміст жиру, %, x – вміст протеїну, %.

Інтегральним показником продуктивності агроценозу сої, який дає більш точну і повну оцінку впливу досліджуваних факторів, є збір основних біохімічних компонентів соєвого насіння – білка та олії з 1 га. Внаслідок проведених досліджень з'ясовано, що зі збільшенням урожайності насіння вихід сирого протеїну та жиру теж збільшувався.

Результати досліджень, отримані іншими науковими установами, також вказують на залежність збору білка та жиру в насінні сої від способів сівби. Як

показали дослідження проведені в Кіровоградському інституті АПВ УААН, за сівби сої з шириною міжрядь 15 см одержано найбільший вихід білка і олії – 894 і 442 кг/га. Розширення міжрядь від 15 до 70 см викликало зменшення збору цих речовин на 25 % [256]. У проведених дослідженнях Уманського національного університету садівництва встановлено, що збір білка та жиру з посівів сої при вузькорядній сівбі (15 см) становив у сорту Подільська 416 – 0,85 т/га та 0,53 т/га, Золотиста – 0,88 т/га та 0,54 т/га. При широкорядному способі сівби(45 см) збір протеїну та жиру для сортів зменшувався на 0,04-0,05 т/га [257].

Збір білка та жиру з одиниці площі протягом 2022-2024 рр. коливався залежно від сорту та способу сівби. Дослідження показали, що за дотримання елементів сортової технології вирощування сої можна зібрати від 1,06 т/га до 1,34 т/га білка. Середній збір білка склав для сорту Титан 1,24 т/га, Паллада 1,21 т/га та Кобуко 1,15 т/га. Збір жиру коливався в межах від 0,51 т/га до 0,69 т/га при середньому показнику відповідно 0,62, 0,58 та 0,56 т/га.

Враховуючи, що при зменшенні ширини міжряддя в наших дослідженнях зростала урожайність та якісні показники, то зростав і збір білка та жиру з гектара. Посіви з шириною міжряддя 45 см відзначалися дещо меншим збором сирого протеїну та жиру 1,06-1,17 т/га та 0,51-0,57 т/га. За рядкового способу сівби з міжряддям 15 см відзначали найбільшу прибавку збору сирого протеїну та жиру - 0,17 т/га, 0,19 т/га та 0,13 т/га, 0,12 т/га проти широкорядного способу сівби для сортів Титан та Кобуко. Найвищим збір протеїну та жиру для сорту Паллада був при сівбі з шириною міжрядь 30 см, він зростав на 0,19 т/га та 0,08 т/га порівняно з широкорядним.

Частка впливу фактора сорт на вихід сирого протеїну становила 31 %, способу сівби – 26 %, гідротермічних умов – 28 % та взаємодія факторів 15 %. За впливом факторів на вихід жиру найбільший вплив мали гідротермічні умови року 52 %, фактор сорт 22 %, фактор ширини міжрядь 16 %, а взаємодія факторів 10 %.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що максимальні показники вмісту білка в насінні сої сортів Титан та Кобуко отримано на варіантах сівби з шириною міжрядь 15 см – 40,0 % та 40,9 %. У сорту Паллада максимальні показники вмісту протеїну 41,5 % відмічено за сівби з міжряддями 30 см. На аналогічних варіантах отримано найбільший вміст жиру сорту Титан – 20,8 %, Кобуко – 20,4 %, Паллада – 20,1 %, що більше на 0,7-1,8 % порівняно з іншими варіантами. При зменшенні ширини міжряддя зростав і вихід білка та жиру з гектара. За рядкового способу сівби з міжряддям 15 см відзначали найбільшу величину виходу сирого протеїну та жиру - 0,17 т/га, 0,19 т/га та 0,13 т/га, 0,12 т/га при порівнянні із широкорядним способом сівби для сортів Титан та Кобуко. Найвищим вихід протеїну та жиру для сорту Паллада був при сівбі з шириною міжрядь 30 см.

Висновки до розділу 6

Результати досліджень свідчать про високу пластичність дослідних сортів до зміни величини площі живлення. Тобто, існує певний інтервал густот, в межах яких зміна площі живлення сприяє збільшенню продуктивності рослин сої. Найвищі показники продуктивності рослин сорту Титан формувались при площі живлення від 134 до 168 см^2, сорту Паллада – 148-186 см^2 та Кобуко – 167-202 см^2, що відповідає густоті від 734 до 585 тис./га, від 674 до 538 тис./га та від 598 до 495 тис./га і обумовлює найвищу урожайність насіння з одиниці площі. Послідуюче збільшення або зменшення густоти рослин призводить до зменшення рівня індивідуальної продуктивності. Формування посівів з оптимальною густотою рослин є одним із визначальних факторів при формуванні урожайності сої.

На підставі результатів дослідження можна стверджувати, що сівба сої сорту Титан та Кобуко рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада - з міжряддям 30 см, сприяла формуванню найбільших показників індивідуальної продуктивності. Протягом 2022-2024 рр. встановлено, що найбільша кількість бобів 38,4 шт., насінин на одній рослині 84,1 шт.,їх маса

15,4 г та маса 1000 насінин 176,6 г формувались на ділянках сорту Титан, що більше в середньому відповідно на на 5,2 та 8,2 шт., 8,3 та 17,8 шт., 2,6 та 4,5 г, 9,7 та 14,6 г порівняно з способами сівби з шириною міжрядь 30 см та 45 см. У сорту Паллада та Кобуко спостерігались аналогічні залежності, проте абсолютні показники індивідуальної продуктивності рослин були дещо нижчими. Відмічено також, що у міру збільшення ширини міжрядь висота прикріплення нижніх бобів дослідних сортів збільшувалася на 1,6-4,2 см, а зона плодоношення зменшувалася на 0,6-4,7 %.

Кожен сорт потребує відповідного просторового розміщення на площі, які визначаються, перш за все, способом сівби. Слід відмітити, що в світі і в Україні намітилась чітка тенденція до звуження міжрядь при вирощуванні сої. При проведенні досліджень протягом 2022-2024 рр. виявлено, що збільшення ширини міжрядь від 15 до 45 см призводило до зниження урожайності сої на 4,2-2,16 %. Максимальна урожайність формувалась у сорту Титан 3,34 т/га та дещо менша у сорту Кобуко 3,06 т/га при сівбі з шириною міжрядь 15 см, що більше на 7,4-11,9 % та 6,3-12,6 % порівняно з варіантами досліду де їх висівали з шириною міжрядь 30 см та 45 см. Найбільша урожайність у сорту Паллада 3,14 т/га формувалася при ширині міжрядь 30 см, що більше відповідно на 4,0-11,6 % відносно інших способів сівби.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що максимальні показники вмісту білка в насінні сої сортів Титан та Кобуко отримано на варіантах сівби з шириною міжрядь 15 см – 40,0 % та 40,9 %. У сорту Паллада максимальні показники вмісту протеїну 41,5 % відмічено за сівби з міжряддями 30 см. На аналогічних варіантах отримано найбільший вміст жиру сорту Титан – 20,8 %, Кобуко – 20,4 %, Паллада – 20,1 %, що більше на 0,7-1,8 % порівняно з іншими варіантами. При зменшенні ширини міжряддя зростав і вихід білка та жиру з гектара. За рядкового способу сівби з міжряддям 15 см відзначали найбільшу величину виходу сирого протеїну та жиру - 0,17 т/га, 0,19 т/га та 0,13 т/га, 0,12 т/га при порівнянні із широкорядним способом сівби для сортів Титан та Кобуко. Найвищим вихід протеїну та жиру для сорту Паллада був при сівбі з шириною міжрядь 30 см.

РОЗДІЛ 7
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ СОЇ

Успішне вирощування будь-якої сільськогосподарської культури обов'язково повинно враховувати аспекти економічної ефективності виробництва [258].

Економічна ефективність є одним із важливих критеріїв оцінки певного виробничого засобу, яка показує доцільність його проведення, прибуток та рівень його рентабельності [259].

На сьогодні у складних умовах ведення сільського господарства через постійне збільшення цін, одним із основних завдань товаровиробників являється отримання максимального виходу продукції з посівної площі із максимальним збереженням та покращенням показників родючості ґрунту, а також забезпечення мінімальних матеріальних та енергетичних витрат. Поряд з цим удосконалені проекти технології вирощування сої мають характеризуватися такими економічними показниками, які б переважали контрольні, забезпечуючи конкурентоспроможність та рентабельність вирощеної продукції [260, 261].

Урожайність та економічні аспекти її формування є ключовим показником, що дозволяє оцінити ефективність агротехнічних прийомів при вирощуванні сої. Адже гарантія отримання високої та стабільної продуктивності цієї культури дає змогу надалі рекомендувати і впроваджувати у виробництво кращі з пропонованих агроприйомів [262].

7.1. Економічна ефективність вирощування сої.

Комплекс агрономічних заходів, які забезпечують високу врожайність сільськогосподарської культури, в тому числі сої, обов'язково оцінюють за економічними показниками. Тому що є недостатнім оцінювати ефективність

елементів комплексу агрозаходів лише за рівнем урожайності, також слід враховувати й витрати на його отримання та визначати окупність цих заходів та їх економічну ефективність при вирощуванні культури [263, 264].

З метою найбільш об'єктивного обґрунтування доцільного поєднання агрозаходів, що були взяті для вивчення, визначено економічну ефективність досліджуваних складових технології вирощування.

Аналіз даних протягом 2022-2024 рр. свідчить, про те що виробництво насіння сої є доволі високоефективним та рентабельним. Економічні показники значною мірою залежали від сорту, способу сівби та урожайності сої.

Виробничі витрати та їхня структура є важливим елементом економічного аналізу вирощування сільськогосподарських культур. Це пояснюється тим, що вони значною мірою визначають вартість продукції [265].

Розрахунки економічної ефективності показали, що загальні виробничі витрати на вирощування сої, за цінами 2024 року, на досліджуваних варіантах коливалися в межах від 18,52 до 18,97 тис. грн./га (табл.7.1).

Таблиця 7.1

Економічна ефективність вирощування сої
залежно від способу сівби (2022-2024 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Вартість продукції, тис. грн./га	Виробничі витрати, тис. грн./га	Собівартість, тис. грн./т	Умовно чистий прибуток, тис. грн./га	Рівень рентабельності, %
Титан	15	43,46	18,97	5,67	24,49	129
	30	40,47	18,59	5,97	21,88	118
	45	38,83	18,53	6,20	20,30	110
Паллада	15	39,22	18,65	6,18	20,57	110
	30	40,78	18,70	5,96	22,08	118
	45	36,62	18,57	6,59	18,05	97
Кобуко	15	39,78	18,67	6,10	21,11	113
	30	37,48	18,58	6,44	18,90	102
	45	35,32	18,52	6,82	16,80	91

Різноманітні агрозаходи, що проводились, були однаковими на всіх варіантах досліду. На зміну даного показника мала вплив вагова норма висіву насіння дослідних сортів, яка залежала та змінювалась залежно від маси 1000

насіни. Тому найвищими виробничі витрати в середньому були у сорту Титан - 18,70 тис. грн./га, а у сорту Паллада – 18,64 тис. грн./га та Кобуко – 18,59 тис. грн./га.

Аналіз результатів економічних розрахунків демонструє, що найнижча вартість вирощеної продукції у сорту Титан 38,83 тис. грн./га, у сорту Паллада 36,62 тис. грн./га та Кобуко 35,32 тис. грн./га спостерігалась на варіантах досліду з шириною міжрядь 45 см, так як на даних варіантах відмічено найнижчий рівень урожайності. Чим більше зростала врожайність насіння сої, тим вищою була вартість продукції [266].

Проведений економічний аналіз технологічних прийомів вирощування сортів також показав, що на варіантах, де сівба проводилась широкорядним способом відмічено найвищу собівартість 1 т насіння 6,20-6,82 тис. грн./га та найнижчі показники чистого прибутку – 16,80-20,30 тис. грн./га, та рівня рентабельності 91-110 %.

При аналізі рівня рентабельності вирощування сої у досліді, можна зробити висновок про доцільність всіх досліджуваних способів сівби. Проте, найбільш ефективним з економічної точки зору для сортів Титан та Кобуко виявився спосіб сівби з шириною міжрядь 15 см. На цьому варіанті собівартість 1 т насіння сої була мінімальною і становила для сорту Титан 5,67 тис. грн./га та Кобуко 6,10 тис. грн./га, що на 5,3-11,8 % менше ніж при інших способах сівби. Зменшення номінального значення показника характеризує ресурсоощадність технологічних прийомів. Показник чистого прибутку становив відповідно 24,49 тис. грн./га та 21,11 тис. грн./га при цьому рівень рентабельності даної моделі технології вирощування складав 129 % та 113 %, що більше порівняно з іншими варіантами відповідно на 11,7-25,7 % та 11,0-22,0 %.

За результатами розрахунків встановлено, що сівба дослідного сорту сої Паллада рядковим способом з міжряддям 30 см забезпечила формування найбільших економічних показників та призвела до зменшення собівартості 1 т насіння на 3,7-10,6 %, до зростання чистого прибутку на 7,4-22,3 % і рівня

рентабельності на 8,0-21,0 % порівняно з вузькорядним та широкорядним способом з міжряддям 15 та 45 см.

Отже, економічна оцінка результатів досліджень підтвердила висновки стосовно оптимальних способів сівби для дослідних сортів сої. Аналіз результатів досліджень показав, що найбільш ефективною є модель технології вирощування сої сортів Титан та Кобуко та яка передбачає сівбу сої звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см. При цьому забезпечується максимальний умовно чистий прибуток, відповідно 24,49 тис. грн./га, 21,11 тис. грн./га та 22,08 тис. грн./га, та найвищий рівень рентабельності, відповідно 129 %, 113 % та 118 %.

Висновки до розділу 7

Економічний аналіз результатів досліджень показав, що найбільш ефективною є модель технології вирощування сої сортів Титан та Кобуко та яка передбачає сівбу сої звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см. При цьому забезпечується максимальний умовно чистий прибуток, відповідно 24,49 тис. грн./га, 21,11 тис. грн./га та 22,08 тис. грн./га, та найвищий рівень рентабельності, відповідно 129 %, 113 % та 118 %.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано проходження процесів росту, розвитку рослин сої та показано вплив на них організованих факторів із врахуванням гідротермічних умов Лісостепу правобережного. Дослідження були спрямовані на підтвердження робочої гіпотези та вирішення поставленої наукової задачі, що дозволило зробити наступні висновки:

1. Нерівномірне розміщення рослин на площі, яке обумовлене широкорядним способом сівби з міжряддями 45 см значно впливало на висоту рослин сої та збільшувало її на 2,4-11,3 % порівняно з іншими способами сівби. Відмічено, що рослини в широкорядних посівах розміщені в рядках дуже щільно, тому між ними збільшується конкуренція за основні фактори життя та взаємне затінення, внаслідок чого відбувається збільшення висоти рослин.

2. Встановлено, що в умовах Лісостепу правобережного найбільш сприятливі умови для утворення квіток та формування бобів складались на ділянках де сівбу сої сорту Титан та Кобуко проводили з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада - 30 см. На цих варіантах досліду зафіксовано також найнижчий рівень абортивності квіток та бобів у сорту Титан – 40,9 і 22,0 %, Паллада - відповідно 46,4 і 26,4 %, Кобуко – 37,7 та 25,9 %, що суттєво менше при порівнянні з іншими варіантами.

3. Найбільша площа листкового апарату у сортів Титан 49,9 тис. м²/га та Кобуко 48,3 тис. м²/га встановлена на варіантах, де сівбу проводили з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – 49,1 тис. м²/га на варіантах із шириною міжрядь 30 см. Також встановлено, що із збільшенням ширини міжрядь до 45 см у сортів, що досліджувалися відбувалося суттєве зменшення величини листкової поверхні на 7,5-9,8 %.

4. Встановлено, що формування фотосинтетичного потенціалу дослідних сортів сої в значній мірі залежало від факторів, що досліджувалися. Відмічено, що сівба сої з міжряддям 15 см збільшувала показники фотосинтетичного потенціалу сорту Титан до 4,250 млн. м^{2}днів/га та Кобуко – до 4,125 млн. м^{2}днів/га, а сівба сорту Паллада з міжряддям 30 см - до

4,166 млн. м^{2}днів/га, що більше при порівнянні з іншими способами сівби.

5. Сівба сої сорту Титан та Кобуко рядковим способом сівби, а сорту Паллада - з шириною міжрядь 30 см сприяла більш активному порівняно із широкорядним способом сівби сої накопиченню хлорофілів a та b та їх суми. На цих варіантах досліду показники хлорофілу a та b, а також їх сума підвищувалися порівняно із широкорядним способом сівби.

6. Встановлено, що звуження ширини міжрядь від 45 до 15 см при сівбі сої призводило до підвищення показника чистої продуктивності фотосинтезу. Протягом періоду 3-й трійчастий листок – початок цвітіння найвищий показник ЧПФ у сорту Титан становив 5 г/м^2 за добу та Кобуко до 4,63 г/м^2 за добу при ширині міжрядь 15 см, у сорту Паллада 4,68 г/м^2 за добу при ширині міжрядь 30 см, що більше відповідно на 0,39-1,35 г/м^2 за добу, 0,79-1,22 г/м^2 за добу та 0,35-0,88 г/м^2 за добу, порівняно з іншими способами сівби.

7. Накопичення сухої речовини істотно змінюється залежно від способів сівби та гідротермічних умов року. Створення оптимальної структури посіву сої позитивно впливає на нагромадження сухої речовини рослинами та забезпечує найвищі показники виходу з одиниці площі. Сівба сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см зумовила формування найбільшого показника накопичення сухої речовини у сорту Титан 6,40 т/га. Тоді як у сорту Паллада лише 6,35 т/га та Кобуко – 6,25 т/га, що було суттєво менше при порівнянні з іншими варіантами.

8. Поглинання і використання фотосинтетично активної радіації (ФАР) посівами сої істотно залежало від сорту та способу сівби. Кращі умови для поглинання та ефективного використання сонячної енергії посівами сої дослідних сортів Титан та Кобуко складались за посіву з шириною міжрядь 15 см, для сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см. Коефіцієнт ФАР набував найбільших своїх значень 1,53-1,56 % за таких умовах вирощування.

9. Встановлено, що сівба сої рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та 30 см створює кращі умови для формування симбіотичного апарату. На даних варіантах формувались найвищі показники симбіотичної азотфіксації для сорту Титан. Зокрема кількість активних бульбочок 72,1 шт./рослину та їхня

маса 1,08 г/рослину, для сорту Паллада – 68,6 шт./рослину та 0,97 г/рослину, для сорту Кобуко – 68,3 шт./рослину та 0,91 г/рослину, що переважало інші варіанти на 6,4-28,1 %, 13,6-36,0 % та 3,2-14,8 %.

10. Встановленовплив організованих факторів на формування показників загального та активного симбіотичного потенціалів. Для сорту Титан та Кобуко найбільш сприятливим виявився рядковий з міжряддям 15 см, де величина цих показників становили 30,22 та 27,37 тис. кг˙днів/га та 27,28 та 24,08 тис. кг˙днів/га. Для сорту Паллада – рядковий з міжряддям 30 см. При цьомц відмічені показники симбіотичних потенціалів складали 29,77 та 26,54 тис. кг˙днів/га. При сівбі сої іншими способами показники потенціалів знижувалися відповідно на 4,50-6,78 тис. кг діб/га, 2,04-3,74 тис. кг діб/га та 3,35-6,89 тис. кг діб/га.

11. Встановлено, що зміна кількості біологічно фіксованого азоту досліджуваними сортами спостерігалась за різних способів сівби сої. У сорту Титан спостерігався найбільший показник кількості біологічного азоту - 108,3 кг за рядкового способу сівби з шириною міжрядь 15 см, що перевищувало значення інших варіантів на 16,5-23,2 %. Найбільш продуктивним для сорту Кобуко був аналогічний варіант, проте показник був нижчим - 95,58 кг, приріст становив 8,4-13,3 %. Оптимальні умови для формування найбільшого показника фіксованого азоту для сорту Паллада – 105,37 кг створюються за способу сівби з шириною міжрядь 30 см, що більше на 13,8-25,5 % порівняно з іншими варіантами.

12. Встановлено високу пластичність дослідних сортів до зміни величини площі живлення. Обгрунтовано певний інтервал густот рослин, в межах яких зміна площі живлення сприяє збільшенню продуктивності сої. Найвищі показники продуктивності рослин сорту Титан формувались при площі живлення від 134 до 168 см^2, сорту Паллада – 148-186 см^2 та Кобуко – 167-202 см^2, що відповідає густоті від 734 до 585 тис./га, від 674 до 538 тис./га та від 598 до 495 тис./га і обумовлює найвищу урожайність насіння з одиниці площі. Послідуюче збільшення або зменшення густоти рослин призводить до зменшення рівня індивідуальної продуктивності. Формування посівів з оптимальною густотою рослин є одним із визначальних факторів при

формуванні урожайності інтенсивних сортів сої.

13. Обгрунтовано, що сівба сої сорту Титан та Кобуко рядковим способом з шириною міжрядь 15 см та сорту Паллада - з міжряддям 30 см, сприяла формуванню найбільших показників індивідуальної продуктивності. Встановлено, що найбільша кількість бобів 38,4 шт., насінин на одній рослині 84,1 шт.,їх маса 15,4 г та маса 1000 насінин - 176,6 г формувались на ділянках сорту Титан, що більше відповідно на на 5,2 та 8,2 шт., 8,3 та 17,8 шт., 2,6 та 4,5 г, 9,7 та 14,6 г порівняно із способами сівби з шириною міжрядь 30 см та 45 см. У сорту Паллада та Кобуко спостерігались аналогічні залежності, проте абсолютні показники індивідуальної продуктивності рослин були суттєво нижчими. Відмічено також, що у міру збільшення ширини міжрядь висота прикріплення нижніх бобів дослідних сортів збільшувалася на 1,6-4,2 см, а зона плодоношення зменшувалася на 0,6-4,7 %.

14. Кожен сорт потребує відповідного просторового розміщення на площах, які визначаються, перш за все, способом сівби. Слід відмітити, що в світі і в Україні намітилась чітка тенденція до звуження міжрядь при вирощуванні сої. Виявлено, що збільшення ширини міжрядь від 15 до 45 см призводило до зниження рівня урожайності насіння сої на 4,2-2,16 %. Максимальна урожайність урожайність у сорту Титан 3,34 т/га та дещо менша у сорту Кобуко 3,06 т/га формувалась при сівбі з шириною міжрядь 15 см, що більше на 7,4-11,9 % та 6,3-12,6 % порівняно з варіантами досліду де їх висівали з шириною міжрядь 30 см та 45 см. Найбільша урожайність насіння у сорту Паллада 3,14 т/га формувалася за ширини міжрядь 30 см, що більше відповідно на 4,0-11,6 % відносно інших способів сівби.

15. Максимальні показники вмісту білка в насінні сої сортів Титан та Кобуко отримано на варіантах сівби з шириною міжрядь 15 см – 40,0 % та 40,9 %. У сорту Паллада максимальні показники вмісту протеїну 41,5 % відмічено за сівби з міжряддями 30 см. На аналогічних варіантах отримано найбільший вміст жиру сорту Титан – 20,8 %, Кобуко – 20,4 %, Паллада – 20,1 %, що більше на 0,7-1,8 % порівняно з іншими варіантами. При зменшенні

ширини міжряддя зростав і вихід білка та жиру з гектара. За рядкового способу сівби з міжряддям 15 см відзначали найбільшу величину виходу сирого протеїну та жиру - 0,17 т/га, 0,19 т/га та 0,13 т/га, 0,12 т/га при порівнянні із широкорядним способом сівби для сортів Титан та Кобуко. Найвищим вихід протеїну та жиру для сорту Паллада був при сівбі з шириною міжрядь 30 см.

16. Економічний аналіз показав, що найбільш ефективною є модель технології вирощування сої сортів Титан та Кобуко яка передбачає сівбу сої звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см, а сорту Паллада – з шириною міжрядь 30 см. При цьому забезпечується максимальний умовно чистий прибуток, відповідно 24,49 тис. грн./га, 21,11 тис. грн./га та 22,08 тис. грн./га, та найвищий рівень рентабельності, відповідно 129 %, 113 % та 118 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі одержаних результатів досліджень, їх економічної оцінки в умовах Лісостепу Правобережного для отримання рівня урожайності насіння сої 3,48-4,70 т/га із вмістом сирого протеїну 40,0-41,5 %, жиру – 20,4-20,8 % та рівня рентабельності 113-129 % агроформуванням різної форми власності рекомендується:

- висівати сорти сої Титан та Кобуко рядковим способом сівби з шириною міжрядь 15 см;

- висівати сорт сої Паллада рядковим способом сівби з шириною міжрядь 30 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявська Л. Г., Пилипенко О. В., Діянова А. О. Високоадаптивні сорти сої Полтавської селекції. Посібник Українського хлібороба. Мін. АПК Інститут рослинництва ім. Юр'єва. 2013. Т. 2. С. 150–151.

2. Шевніков М. Я., Логвиненко О. М. Оптимізація площі живлення різних сортів сої шляхом формування інтенсивної структури посіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2012. № 2. С. 30–33.

3. Петриченко В. Ф. Наукові основи виробництва і використання сої у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 3–11.

4. Вожегова Р.А. та ін. Ефективність селекції сої в умовах зрошення Південного Степу. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 19. С. 72–78.

5. Січкар В.І. Стратегічні напрями селекції сої за умов зміни клімату. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. Вип. 80. С. 22–30.

6. Бабич А. А., Колісник С. І., Кобак С. Я. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 113–121.

7. Бабич А. О. Сучасний стан та перспективи використання сої на харчові і кормові цілі. Матеріали 3-ї Всеукраїн. конф., Ін-т кормів УААН [«Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі»], (Вінниця, 3 серп. 2000 р.). Ін-т кормів УААН. Вінниця, 2000. С. 3–6.

8. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / [редкол. : М. В. Зубець (голова) та ін.] К.: Логос, 2004. 776 с.

9. Бізнес визначає справедливу умову конкуренції на ринку сої і рапсу в Україні (від 13.05.2020 р.). «Агро Перспектива». Київ.[Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.agroperspectiva. com/ru/news /179217.

10. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік. К., 2024. 447 с.

11. Бабич А. О. Високоврожайні сорти сої. *Аграрний тиждень*. Україна. 2013. № 10/11. С. 31.

12. TOP-10 vyrobnykiv nasinnia soi (2017–2018 rr). URL: https://www.apkinform.com/uk/exclusive/topic/1501276.

13. TOP-10 proyzvodytelei semian soy v Ukrayne/ URL: Retrived from: https://latifundist.com›rating›top-10- proizvoditelej-semyan.

14. Вожегова Р., Клубук В. Сорти сої півдня України. Аграрний тиждень. Україна. 2015. - № 10. - С. 44-46.

15. Вожегова Р. Сорт має значення. *The Ukrainian Farmer*.2021.№ 11.

16. Попов С. І., Буряк Ю. І., Кобизєва Л. Н., Кириченко В. В., та ін. Каталог сортів та гібридів польових культур. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2012. 52 с

17. Чернишенко П. В. Характеристика сортів сої за екологічною пластичністю урожайності та якості насіння в умовах східного лісостепу України. *Таврійський науковий вісник.* 2014. № 87. С. 99–106.

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

19. Бушулян О. В., Бєлоусов А.О., Вареник Б.Ф. Каталог сортів та гібридів. 2017. 186 с.

20. Шелкопляс Т. 100 бобів для сої – не межа! АГРОПРОФІ український тижневик ділової інформації. 2019. URL: http://www.agroprofi.com.ua/statti/1781-100-bobiv-dlja-soyi-ne-mezha

21. Бабич А. Сортові ресурси сої. *Аграрний тиждень Україна*. 2012. –№ 15. С. 14-15.

22. Шерепітко В. В., Созінов О. О. Наукові основи адаптивної селекції сої. *Вісник аграрної науки. 2001*. № 10. С. 49-51.

23. Бізнес гід. URL: https://soya-ua.business-guide.com.ua/

24. Васьківська, С. В., Орленко, Н. С., Ткачик, С. О., Худолій, Л. В.. Особливості українського ринку сої. *Вивчення та охорона сортів рослин*. 2018. Вип. 14(4). С. 422–430. https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151911

25. Потаєва О. Названо найпопулярніші в Україні сорти сої, –

дослідження. *AgroTimes*. 2021. URL: https://agrotimes.ua/agromarket/nazvano-najpopulyarnishi-v-ukrayini-sorty-soyi-doslidzhennya/

26. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. А.О. Бабич. К. Урожай, 1993. 430 с.

27. Бабич А. О. Фотосинтетична продуктивність посівів та врожайність зерна сої залежно від способу посіву та густоти рослин. *Корми та кормовиробництво*. 1991. Вип.31. С. 7-9.

28. Бабич А. О. Обґрунтування впливу способів посіву і густоти рослин на урожайність зерна сої в екологічних зонах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*: міжвідомч. тематич. наук. зб. Вип. 39. К., 1995. С. 7–10.

29. Опанасенко Г. В. Вплив способів сівби, густоти рослин та системи захисту посівів від бур‘янів на урожайність насіння сої. Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі: мат-ли третьої Всеукр. конф. Вінниця, 2000. С. 72–73.

30. Саєнко Н. П. Вплив норм висіву та способів посіву сої на врожайність зерна в степовій частині Криму при зрошенні. *Зрошуване землеробство*. 1982. Вип. 27. С. 39-42.

31. Січкар В. І. Особливості вирощування сої у США та Канаді. ВНДІТЕІСГ. М., 1980. 48 с.

32. Лещенко О.К., Січкар В.І., Скалецька Л.І. Продуктивність деяких сортів сої за умов степової зони України. Науково-технічний бюлетень всесоюзного селекційно-генетичного інституту. Одеса. 1980. № 4 (38). С. 48-52.

33. 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. Вінниця : Нілан-ЛТД. 2021. 180с.

34. Лук’янченко А.С., Мордерер Є.Ю., Григоренко Н.В., Мережинський Ю.Т. Бакові сумішки пестицидів. Захист рослин. - 1998.- № 9. -С. 16 – 17.

35. Авраменко С., Манько К., Шелякін В., Бобров О. Удобрення сої: нові підходи. *Пропозиція*. 2016. № 4. С. 66–68.

36. Тераріко Ю.О., Несмашна О.Ю., Бердніков О.М. та ін.Біонергетична

оцінка сільськогосподарського виробництва: науко-вометодичне забезпечення) /за ред. Ю.О. Тераріки. К.: Аграрна наука. 2005. 200 с.

37. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур у Правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця : ВНАУ. 2020. № 18. С. 5-16.

38. Кобак С.Я., Колісник С.І. Соя: розкриваємо секрети. 2022. URL: https://teletype.in/@spectr-agro/7adZlNb-wFt

39. Бабич А. О. Сортова агротехніка сої. Зернове господарство. 1976. № 2. С. 43-44.

40. Гуцаленко О. П. Вдосконалення технології вирощування сої в Молдові. Технічні культури. 1991. № 6. З. 24–27.

41. Шевніков Н. Я. Удосконалення прийомів технології вирощування сої в умовах лівобережного Лісостепу України. Сучасні проблеми виробництва та використання кормового зерна та сої: Симпозіум 2. Вінниця, 1993. С. 60-63.

42. Кобак С., Колісник С., Чорна В. Соя: норма висіву, густота рослин і ширина міжрядь. *Агробізнес сьогодні*. 2020. №10. С. 56-59.

43. Заболотний Г.М. Вдосконалення елементів технології вирощування сої в південному Лісостепу України та підвищення ефективності використання її переробки: Автореф. дис. ... канд. с.- г. наук: 06.01.09. К., 1998. 24 с.

44. Бабич А. О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля: Монографія. К.: аграрна наука, 1998. 272 с.

45. Setiyono T. D. Leaf area index simulation in soybean grown under near optimal conditions. *Field Crops Research*. 2008. V. 108. P. 82- 92.

46. Думич В. Вплив біопрепаратів на ефективність вирощування сої в Західному регіоні України. В.І. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. 2020. Випуск 26 (40), С.292-298.

47. Шепілова Т. П. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток сої. *Агроном.* 2020. №1. URL: https://www.agronom.com.ua/vplyv-

sposobu-sivby-i-normy-vysivu-nasinnya-na-rist-i-rozvytok-soyi/

48. Міхєєв В. Г. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від способів сівби в східній частині лівобережного Лісостепу України. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області*. 2014 р. №16. 255 с.

49. Чинчик О. С. Оптимізація сортової агротехніки вирощування сої за рахунок способу сівби та удобрення в умовах західного Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т. Кам'янець-Подільський, 2008. 20 с. укр.

50. Нагорний В. І. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості залежно від просторового і кількісного розміщення рослин. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* Серія «Агрономія і біологія», випуск 2 (23), 2012. С. 111-117.

51. Бабич А. О. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. К.: Аграрна наука, 2011. 548 с.

52. Дерев'янський В. П. Вплив регуляторів росту на продуктивність сої. Науково-технічний бюлетень Хмельницького НВО "Еліта". К., 1994. № 2. С. 32–36.

53. Димитров В. Г. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей та оптимізації елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 06.01.09 «рослинництво» (201 - агрономія). Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Біла Церква, 2018.

54. Черенков А. В. Вплив способів сівби та норм висіву насіння на продуктивність рослин сортів сої різних груп стиглості. Бюлетень Інституту зернового господарства НААН України. Дніпропетровськ, 2010. № 39. С. 50–53.

55. Белінський Ю. В. Продуктивність сої залежно від способів сівби в умовах східної частини лівобережного Лісостепу України. *Вісник Центру*

наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області. 2013 р. №14.

56. Бутенко А. О., Грибуля Є. В., Лобода А. Ю., Карєпін Є. В. Врожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології вирощування. *Scientific collection «Interconf»*. № 1(31). 2020. 225 с.

57. Нижеголенко В. М. Урожайність сої залежно від прийомів вирощування при зрошенні. *Наукові проблеми виробництва зерна в Україні та сучасні методи їх вирішення.* Тези всеукраїнської конференції молодих вчених і спеціалістів. 10-11 лютого 2000 р. Дніпропетровськ, 2000. 91 с.

58. Колісник С. І., Кобак С. Я., Шкатула Ю. М. Ефективність бактеріальних добрив у агроценозах сої в умовах правобережного Лісостепу України. Випуск 1(57). *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2012. С. 30-34.

59. Медвєдєва Л. Р., Пернак Ю. Л., Сухарєва М. Д. Дуже ранній високо олійний сорт сої Медея. Матеріали третьої Всеукраїнської конференції "Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі". Вінниця, 2000. 25 с

60. Ткаліч І. Д., Шепілова Т. П. Вплив способів сівби, норм висіву і бактеріальних препаратів на формування бульбочкових бактерій і урожайність сої. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2010. № 38. С. 108-111. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2010_38_25 3888.

61. Чинчик О. С. Вивчення продуктивності різних сортів сої в умовах західного Лісостепу України. Тези наук.-теорет. конф. Професорсько-викладацького складу, присвяченої 90-річчю від дня заснування Подільського державного аграрно-технічного університету (Кам'янець-Подільський, 2009 р.). Кам'янець-Подільський, 2009. С. 11–12.

62. Чинчик О. С. Вплив елементів технології вирощування сої на зерно в умовах Західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2008. Вип. 16. С. 100–103.

63. Заверюхін В. І., Левандовський І. Л. Виробництво та використання сої.

К.: Урожай, 1988. 112 с.

64. Марченко В. В. Особливості агротехнології вирощування та збирання сої. Матеріали тез міжнар. наук.-практ. конф. „Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління”, (Мелітополь-Кирилівка, 4–6 черв. 2009 р.). Мелітополь. ТДАТУ, 2009. Вип. 1. С. 94–96.

65. Шепілова Т. П., Петренко Д. І. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток сої. *Агроном.* 2020. URL: https://www.agronom.com.ua /vplyv-sposobu-sivby-i-normy-vysivu-nasinnya-na-rist-i-rozvytok-soyi/

66. За матеріалами сайту crops.extension.iastate.edu. Вплив ширини міжряддя 38 см на ефективність вирощування сої. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/381-vpliv-shirini-mijryaddya-38-sm-na-efektivnist-viroschuvannya-soyi

67. Бабич А., Бабич-Побережна А. Невикористаний потенціал сої. *The ukrainian FARMER*. 2014. №12. URL: http://proseed.com.ua/blog_post2.html

68. Барвінченко В. І. Ґрунти Вінницької області. Вінниця: ВДАУ. 2004. 45 с.

69. Бабич А. О. Продуктивність сої різних груп стиглості в умовах південно-західного степу України. *Корми і кормовиробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2001. Вип. 47. С. 24–27.

70. Кравчук О. О., Завальнюк О. І., Стефківська Ю. Л. Грунтово-кліматичні умови зони Лісостепу та їх вплив на урожайність кукурудзи (на прикладі Тернопільської області). Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю сортовипробування в Україні (7 червня 2018 р., м. Київ). 2018. С.155-157.

71. Заставний Ф. Д. Фізична географія України. Львів: Світ, 1994. 470.

72. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство. 2010. 464 с.

73. Географічна енциклопедія України : В 3-х т. Редкол.:О.М.Маринич (відповід.редактор) та інш. К.: “Українська Радянська енциклопедія” ім. М.П.Бажана, 1989. Т.1: А-Ж. 416 с. :іл.

74. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області (2019 рік). Вінниця 2020. С. 116 URL: https://www.vin.gov.ua/images/doc/vin/departamentapk/doc/OperMonitor/Dopov/Dop2019.pdf

75. Джура Ю.М. Формування симбіотичної продуктивності та урожайності насіння в посівах сої, залежно від впливу способів основного обробітку ґрунту, вапнування та мінеральних добрив. *Збірних наукових праць ВДАУ*. Вінниця. 2003. Вип. 14. С. 63-71.

76. Клименко Т.К. Конспект лекцій з дисципліни “Ґрунтознавство”. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2011. - 93с.

77. Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West P.C. (2015): Climate variation explains a third of global crop yield variability. Nature Communications, 6: 5989

78. Мащенко Ю., Гайденко О. Вимоги та правила сої. *Агробізнес сьогодні*. 2019. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/14309-vymohy-ta-pravyla-soi.html

79. Дмитренко В. П. Погода, клімат і урожай польових культур. Київ : Ніка-Центр, 2019. 620 с.

80. Nedler J. A. New kids of systematic for spacing experimentsю Biometries. 1962. V. 18. P. 283-307

81. Duncan W. G. Planting patterns and soubean yields. *Crop Science,* 1986. Vol. 26. P. 584-588

82. Egli D. B. Plant Density and soubean yield. *Crop Science*, 1988. Vol. 28. P. 977-980

83. Бабич А.О., Петриченко В.Ф. Розробка методологічних аспектів вивчення конкурентних взаємовідносин в агробіоценозах зернобобових культур. *Проблеми агропромислового комплексу: міжвідомчий науковий збірник*. Чернівці, 1994. С. 9-17.

84. Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В. Сортові ресурси сої в Україні. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2023. 220 с.

85. BTU - виробництво біопрепаратів для рослин. URL: https://btu-

center.com/catalog.

86. Методика проведення дослідів по кормовиробництву [під ред. А. О. Бабича]. Вінниця, 1998. 79 с.

87. Основи наукових досліджень в агрономії. В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз; [за ред. В. О. Єщенка]. Київ : Дія. – 2005. 288 с.

88. Рослинництво: Підручник /О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. - К.:Аграрна освіта, 2001. - 591с.: іл.; Методика проведення дослідів по кормовиробництву; під ред. А.О. Бабича. Вінниця, 1994. 79 с

89. Фізіологія рослин. Модуль 3-6: метод. реком. до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня "бакалавр" спеціальність 201 "Агрономія" денної форми навчання/ уклад. : М. І. Федорчук, М. О. Самойленко, О. Ф. Рожок. Миколаїв : МНАУ, 2020. 81 с.

90. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0: методичні вказівки. - К.: ПоліграфКонсалтинг, -2007 – 56с.

91. Ермантраут Е.Р., Карпук Л.М., Вахній С.П., Козак Л.А., Павліченко А.А., Філіпова Л.М. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Біла Церква, 2018. 104 с.

92. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.

93. Тараріко Ю. О. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: метод. рек. Київ : Нора-прінт, 2001. 60 с.

94. Анішин Л. А. Агрокліматичні резерви стабілізації виробництва кукурудзи і сої в Україні. ЗНП. Укр. НДДПТУ « Агроресурси ». К.: Нива. 1998. С. 182- 192.

95. Соя (Glycine max (L.) Merr.) / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизєва, О. О. Посилаєва, П. В. Чернишенко: монографія. НААН, Інститут

рослинництва ім. В. Я. Юр’єва. Х., 2016. 400 с.

96. Агробіологічні особливості вирощування сої в Україні. [Адамень Ф. Ф., Вергунов С. А., Лазер П. Н., Вергунова І. Н.]. Київ : Аграр. наука, 2006. 456 с.

97. Зінченко О. І Біологічне рослинництво, К.: Вища школа, 1996. 236 с.

98. Клубук В. В. Кращі сорти сої для основних та пожнивних посівів в умовах зрошення півдня України. Тези Міжнар. конф. молодих вчених «Сучасні проблеми генетики, біотехнології та селекції рослин». Харків: ІР ім.В.Я.Юр'єва. 2001. С.188.

99. Black J. N. The interrelationship of solar radiation and leaf area inde in dynamics during the vegetative period affects yields of narrow – row, late – determining the rate of dry matter proution of sward of subterranean clover. Austr. J.Agric Rec. 1963. Vol. 5. P. 20 – 38.

100. Бельдій Н., Загинайло М., Носуля А. Ячмінь - культура прибуткова. *Пропозиція.* 2012. С. 12-14.

101. Fahrizal I., Rahayu A., Rochman N. The response of soybean plants of mycorrhizal abuscules and application of phosphorus fertilizers in acid soils. Journal Agronida. 2017. № 3(2). pp. 95–105.

102. Бахмат О. М., Чинчик О. С. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої в умовах західного регіону України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. 66. С. 103–108.

103. Калініченко В. М., Писаренко П. В. Модель розвитку сої за фенологічними фазами. *Вісник ПДАА*. 2004. № 1. С. 10–16.

104. Cox W. J., Cherney J. H., Shields E. Soybeans compensate at low seedingrates but not at high thinning rates. *Agronomy Journal*. 2010. Vol. 102, Iss. 4. P. 1238–1243. doi: 10.2134/agronj2010.0047.

105. Chauhan B. B., Opeña J. L. Effect of Plant Spacing on Growth and Grain Yield of Soybean. *American Journal of Plant Sciences*. 2013. Vol. 4, Iss. 10. P. 2011–2014. doi: 10.4236/ajps.2013.410251.

106. Шепілова Т. П. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і

розвиток рослин сої. *Вісник Уманського Національного Університету Садівництва*. №1. 2017. С. 74-77.

107. Лемешик А. В., Новицька, Н. В. Формування біометричних параметрів посівів сої ‘Сірелія’ залежно від площі живлення на чорноземах типових. *Новітні агротехнології, 12*(1). 2024. https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.303480

108. Голобородько С. П. Люцерна. Херсон: Айлант, 2007. 328 с.

109. Бабич А.О. Проблема білка і соєвий пояс України. *Вісн. аграрн. науки.* 1992. №7. С.1-7.

110. Середа Л.М. Формування продуктивності сої залежно від строків сівби та стимуляторів росту в умовах центрального Лісостепу України. Автореф. дисер.к.с.-г. наук., Київ – Чабани, Інститут земелеробства УААН, 2001 р. – 20 с.

111. Бондаренко М.П., Собко М.Г., Нагорний В.І.Технологія вирощування сої в умовах північно-східного Лісостепу України: методичні рекомендації. Сад: Сумський інститут АПВ, 2010. 25 с.

112. Чекалін Н. М. Селекція і генетика окремих культур. Полтава: ФОП Говоров С.В., 2008. 368 с.

113. Мазур О. В. Селекційний матеріал для створення гібридів кукурудзи та сортів сої, квасолі, придатних до механізованого збирання: монографія. ВНАУ. 2013. 206 с.

114. Кобак С., Колісник С., Сереветник О., Чорна В. Абортивність у сої: причини та шляхи вирішення проблеми. *Пропозиція.* 2017. № 6. С. 90-94.

115. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного. Монографія. ВНАУ. 2019. 345 с.

116. Камінський В.Ф. Формування продуктивності гороху за різних технологій вирощування. *Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН.* К., 2004. Вип. 1. С. 66-69.

117. Лихочвор В. В. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології

вирощування основних польових культур: Навчальний посібник. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с

118. Ткаченко Ю. А., Позднєв А. В. Методи розкриття генетичного потенціалу сої. *Агроном*. 2021. № 3. URL: https://www.agronom.com.ua/metody-rozkryttya-genetychnogo-potentsialu-soyi/

119. Лещенко А.К. Соя (генетика, селекція, насінництво). К.: Наукова думка, 1987. 256 с.

120. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя: монографія. Вінниця: «Діло», 2016. 400 с.

121. Стоцька С. В. Динаміка наростання листкової поверхні та концентрація хлорофілу в конюшині лучній залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування в умовах Полісся. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 62. С. 112–118.

122. Злобін Ю. А. Агрофітоценологія. Харків: Вид. Харківського СГІ, 1986. 74 с.

123. Ситник К. М., Ейнор Л. О. Життя зеленого листа. К.: Наукова думка, 1973. - 189 с.

124. Мізерна Н., Носуля А. Соя: сьогодення – майбутнє. *Пропозиція.* Спецвипуск. 2016. С. 40–42.

125. Іванів М. О., Ганжа В. В. Площа листкової поверхні сортів сої залежно від елементів технології за краплинного зрошення: «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції, Мелітополь, 1–26 лютого 2021, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2021. http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wpcontent/uploads/sites/6/ivaniv-1-2021.pdf

126. Петриченко В. Ф. Агробіологічне обгрунтування і розробка технологічних прийомів підвищення урожайності та якості насіння сої в Лісостепу України. Автореф. дис. канд. с.– г. наук. Київ. 1995. 36 с.

127. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технологія вирощування. К.: Центр

навчальної літератури, 2004. 811 с.

128. Заболотний Г.М. Динаміка висоти рослин сої залежно від моделей технології вирощування. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету.* Вінниця, 2009. Вип. 38. С. 32-38.

129. Hanter M. N. Response of nine soybean line to soil moisture conditions close to saturation. Austr.J. Exptl. Agris. Anim.Yusb., 1980. V. 20. P. 339.

130. Міхєєва О. О., Рожков А. О., Міхєєв В. Г. Виживаність рослин сої залежно від комплексного впливу способу сівби та норми висіву насіння в Східному Лісостепу України. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2019. N^{o} 28. С. 130–139. DOI: 10.36710/IOC-2019-28-13

131. Міхєєва О. О. Динаміка наростання площі листкової поверхні рослин сої залежно від норм висіву і способів сівби. "Біоресурси і природокористування". Том 11. №12. 2019. С. 77-88. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.01.009

132. Лотиш І. І. Формування площі листкової поверхні посівів сої залежно від сорту, способу сівби та норми висіву в умовах недостатнього зволоження Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* № 1-2. 2017. С. 167-171.

133. Сторожик Л. І. Вміст хлоропластів у листках рослин сорго цукрового та їх роль у процесі фотосинтезу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр*. Київ, 2013. Вип. 19. С. 114–118.

134. Schreiber U. Continuous Recording of Photochemical and Chlorophyll Fluorescence. Quenching. Bilger Photosynth. V. 10, 1986. P. 51- 62.

135. Жемела Г. П., Шевніков Д. М. Фотосинтетична продуктивність посівів пшениці твердої ярої залежно від мінеральних добрив та біопрепаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* № 3. 2013. С.36-40.

136. Гуляєв Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття: Зб. наук. праць*. Київ, 2001. Т. 1. С. 60–74.

137. Макрушин М. М. та ін. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова книга,

2006. 413 с.

138. Рябчун Н. І., Погорєлов О. С., Четверик О. М. Спосіб визначення вмісту хлорофілу в листках пшениці озимої. *Селекція і насінництво*. 2011. № 99. С. 139–143.

139. Bailly C., Benamar A., Corbineau F., Come D. Antioxidant systems in sunflower (Helianthus annuus L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research.* 2000. Vol. 10. P. 35–42.

140. Carvalho M. E. A., Castro P. R. de C. E, Ferraz Junior M. V. de C., Mendes A. C. C. M. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? Comunicat Scientiae. 2016. Vol. 7(1). P. 154–159. doi: 10.14295/CS.v7i1.1286

141. Зінченко О. І. Кормовиробництво: навч. посіб. 2-е вид., допов. і переробл. К. : Вища освіта, 2005. 448 с.

142. Радченко М. П., Сорокіна М. П., Гуральчук М. П., Мордерер М. П. Вміст фотосинтетичних пігментів та ТБК-активних речовин у рослин сої за сумісного застосування гербіцидів та мікродобрив *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського.* Сер. Біологія, хімія. 2013. Т. 26 (65), № 1. С. 172–178.

143. Воропай Ю. В. Вплив норм висіву та способів сівби на вміст хлорофілу в рослинах нуту. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв: МНАУ, 2024. С.78-80.

144. Щербаков В. Я., Козлова О. П. Формування оптимального стеблостою озимої пшениці в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство.* 2020. Вип. 73. С. 131-137.

145. Матвєєва Н. А., Кваśько О. Ю. Вміст фотосинтетичних пігментів в трансгенних рослинах циклію з геном туберкульозного антигену. *Вісник Донецького національного університету*. № 2. 2010. 249–253.

146. Кононенко А. О., Дрехваль О. А., Черевач Н. В., Жерносєкова І. В.,

Вінніков А. І. Вплив комплексного мікробного інсектициду “Бактофунгін-LS” на процеси життєдіяльності рослин. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації землі*. №44. 2015. 60–65.

147. Бабич О. А., Венедиктов О. М. Фотосинтетична діяльність та урожайність насіння сої залежно від строків сівби та системи захисту від хвороб в умовах лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 83-88.

148. Рослинництво: практикум /за ред. О. І. Зінченка. Вінниця: Нова книга, 2008. 536 с.

149. Петриченко В. Ф. Формування врожайності та продуктивності сої за насінням при вапнуванні, внесенні добрив та інокуляції в умовах Лісостепу Української РСР: авт. Дис. для вивчення наук. Крок. Кандидат. Сільськогосподарські науки: спец 06.01.09 "Рослинництво". Кам'янець-Подільський, 1989. 25 с.

150. Шепілова Т. П. Вплив способів сівби і норм висіву насіння на чисту продуктивність фотосинтезу сої. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. № 15. С. 135-138.

151. Костенко М. П. Формування фотосинтетичних параметрів посівів та біологічної врожайності сортів проса залежно від способів сівби та попередників. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2022. № 2. С. 57-65.

152. Харченко М. І. Чиста продуктивність фотосинтезу і площа листкової поверхні різних за густотою сортів і гібридів соняшника. *Степове землеробство.* 1993. Вип. 27. С. 61-66.

153. Новицька Н. В. Формування фотосинтетичних показників сортів сої залежно від площі живлення в Правобережному Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* Випуск № 31. 2023. С.97-109.

154. Голік В. С. Результати досліджень з вирощування зерна ярої пшениці перспективи розширення посівів цієї культури в Україні. Доп. акад. УААН В.

С. Голіка на Бюро Президії УААН, 12 серпня 2003 р.

155. Бахмат О. М. Накопичення сухої речовини та урожайність сої у західному Лісостепу. *Вісн. аграрної науки*. 2009. № 8. С. 29-31

156. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Фотосинтетична діяльність посівів сої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Plant and soil science*. Vol. 11, №1, 2020. С. 5-12. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr 2020. 01.005.

157. Огурцов Є. М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2008. 270 с.

158. Бабич А. О. Чинники підвищення продуктивності сої в умовах Лісостепу України. Доповіді ВАСГНІЛ. 1992. № 5. З. 2-4.

159. Камінський В. Ф., Браценюк В. Ю. Формування вегетативної маси та сухої речовини рослин сої в умовах Західного Лісостепу залежно від сортового складу та способу сівби. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Випуск № 92. 2018. С. 28-36.

160. Огурцов Є.М., Міхєєв Є.М., Бєлінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія /за ред. д-ра с.-г. наук, професора, чл.-кор. НААН України М.А. Бобро. Х.: ХНАУ, 2016. 268 с.

161. Фотосинтетична діяльність рослин у посівах. *Агроном+*.URL: http://agrofuture.ru/fotosinteticheskaya-deyatelnost-rastenij-v-posevax.html.

162. Лисогоров К. С., Писаренко В. А. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і технологічними процесами. *Таврійський науковий вісник.* 2007. Вип. 49. С 49–52.

163. Anil Kumar Radiation use efficiency and weather parameter influence during life cycle of soybean. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 2008. № 1 (2). P. 41–44.

164. Шашков Є. О., Танчик С. П. Урожайність сої залежно від сорту та геометричного розміщення рослин у Правобережному Лісостепу України. Рослинництво та ґрунтознавство. 2018. № 286. С. 100–106.

165. Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data / J.F. Andrade et al. *Field Crops Res.* 2019. № 230. P. 98–106. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.10.014

166. Бахмат О. М. Використання фотосинтетично активної радіації таформування врожайності сортами сої залежно від способу сівби та удобренняв умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 63. С. 118–123.

167. Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін. Біологічний азот: монографія; за ред. В. П. Патики. К.: Світ, 2003. 424 с

168. Коць С. Я., Моргун В. В., Патика В. Ф. Біологічна фіксація азоту: бобово-ризобіальна симбіоз. Київ : Логотипи, 2010. 508 с.

169. Frans J. de Bruijn (Editor) Biological Nitrogen Fixation, 2 Volume Set., Wiley–Blackwell. Frans J. de Bruijn. 2015. 1260 p. URL: http://eu.wiley. com/WileyCDA/WileyTitle /productCd–1118637046.html.

170. Kapulnik Y., Eds.Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. Plant growth promoting by rhizosphere bacteria. Plant Roots. The Hidden Hals / New York: Marcel Dekkers, 1996. P. 769-781.

171. Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої в залежності від виду біопрепарату. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. Вип. 11. С. 7-19.

172. Нагорний В. І. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва. *Вісник Сумського НАУ*. 2009. Вип. 11(18). С. 79-83.

173. Ball R. A., Purcell L. C., Vories E. D. Optimizing Soybean Plant Population for a Short-Season Production System in the Southern USA. *Crop Science*. 2000. Vol. 40,Iss. 3. P. 757–764. doi:10.2135/cropsci2000.403757x

174. Barker D. W., Sawyer J. E. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 97, Iss.2. P.615–619.doi:10.2134/agronj2005.0615

175. Boroomandan P., Khoramivafa M., Haghi Y., Ebrahimi A. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2009. Vol.12,

Iss.4. P. 378–382.doi:10.3923/pjbs.2009.378.382

176. Білявська Л. Г. Аспекти адаптивної селекції сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*. 2008. № 61. С. 10–16.

177. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т. / гол. ред. В.В. Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 1. С. 344–386.

178. Дробітько А. В., Дробітько О. М. Вплив ширини міжрядь на ріст, розвиток і урожайність сої в ФГ «Відродження» Братського району Миколаївської області. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 176–182.

179. Міхєєва О. О., Рожков А. О., Міхєєв В. Г. Кількість і маса бульбочок на коренях сої залежно від норм висіву і ширини міжрядь. *Селекція і насінництво.* 2020. Випуск 117. С.186-198. DOI: 10.30835/2413-7510.2020. 207170.

180. Олепір Р. В., Запорожець Л. М. Вплив агроекологічних факторів на вміст протеїну та олії в насінні сої. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 17. С. 139–142.

181. Prusiński J., Nowicki R. (2020): Вплив густоти посіву та ширини міжрядь на врожайність сої (Glycine max L. Merrill). *Plant Soil Environ,* 66: 616-623.

182. Петриченко В. Ф., Кобак В. Ф., Чорна В. Ф., Колісник В. Ф., Лихочвор В. Ф., Пида В. Ф. Формування азотфіксувального потенціалу та продуктивності сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80, № 5. С. 63-75. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MicroBiol_2018_80_5_7

183. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*, 2014, № 3. С. 57-66.

184. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. Київ: Аграр. наука, 2010. 464с.

185. Шевченко О., Плиска М. Інокулянти - запорука успіху сої. *Пропозиція.* №5. 2019 р. С.68-72.

186. Петриченко В. П. та ін.Соя : монографія. Вінниця: Діло, 2016. 400 с.

187. Phillips D. A. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes. *Annu*

Rev. Plant Physiol. 1980. Vol. 31, N 11. P. 29-49.

188. Охріменко С. М. Вміст пігментів у рослинах гороху при інокуляції клонами бульбочкових бактерій, стійкими до мінерального азоту. Фізіол. і біохім. культ. росл. 2001. Т. 33, № 6. С. 535-538.

189. Патика В. П., Тихонович І. А., Філіп'єв І. Д., Гамаюнова В. В., Андрусенко І. І. Мікроорганізми та альтернативне землеробство. Київ: Урожай; 1993. 176 с.

190. Коць С. Я., Моргун В. В., Патика В. Ф. та ін. Біологічна фіксація азоту: бобово-ризобіальний симбіоз. Київ: Логос; 2010. 508 с.

191. Коць С. Я., Моргун В. В., Патика В. Ф., Маліченко С. М., Маменко П. Н., Киризій Д. А., Михалків Л. М., Береговенко С. К., Мельникова Н.М. Біологічна фіксація азоту:бобово-ризобіальний симбіоз: монографія в 4 т. Т. 2. К.: Логос, 2011. 523 с.

192. Бабич А .О., Петриченко В. Ф., Адамень Ф. Ф. Проблема фотосинтезу і біологічна азотфіксація бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 1996 рік. С.39-34.

193. Патика В. П. та ін. Гелевий препарат різофобіт для передпосівної інокуляції насіння сої. Київ: Принт Квік; 2017. 16 с.

194. Волкогон В. В. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.

195. Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко О. В., Мельникова Н. М. Особливості взаємодії рослин та азотфіксуючих мікроорганізмів: монографія. Київ : Наукова думка, 2007. 316 с.

196. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС.* 2020. Вип. 97. С. 32-44.

197. Андрієнко А. Л., Мащенко Ю. В. Вплив різного насичення сівозмін соєю на її продуктивність. *Агроном*. 2011. № 1. С. 140–143.

198. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Застосування системного підходу при дослідженнях процесів фотосинтезу і біологічної фіксації азоту в агробіоценозах сої. *Вісник аграрної науки*. 1994. № 9. С. 11-20.

199. Бабич А.О. Взаємозв’язок елементів структури продуктивності сої залежно від попередника, сорту та норми висіву насіння. *Корми і*

кормовиробництво. 2002. Вип. 48. С. 112-115.

200. De Luca M.J., Nogueira M.A., Hungria M. (2014): Feasibility of lowering soybean planting density without compromising nitrogen fixation and yield. *Agronomy Journal*, 106: 2118–2124.

201. Rebilas K., Bacior M., Klimek-Kopyra A., Zając T. (2020): A mode for the yield losses estimation in an early soybean (Glycine max L. Merr.) cultivar depending on the cutting height at harvest. Field Crops Research, 254: 107846.

202. Blumenthal M.J., Quach V.P., Searle P.G.E. (1988): Effect of soybean population density on soybean yield, nitrogen accumulation and residual nitrogen. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28: 99-106.

203. Ball R.A., McNew R.W., Vories E.D., Keisling T.C., Purcell L.C. (2001): Path analyses of population density effects on short-season soybean yield. *Agronomy Journal*, 93: 187-195.

204. Kahlon C.S., Li B., Board J., Dia M., Sharma P., Jat P. (2018): Cluster and principle component analysis of soybean grown at various row spacings, planting dates and plant populations. Open Agriculture, 3: 110-121.

205. Бабич А. О. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. № 3. 1996. С. 34–39.

206. Нагорний В. І. Залежність продуктивності сої від способу сівби і густоти посіву в умовах північносхідного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво.* 2008. Вип. 62. С. 173-177.

207. Xinyue Ran, Jianguo Zhou, Tingyong Mao The Effect of Plant and Row Configuration on the Growth and Yield of Multiple Cropping of Soybeans in Southern Xinjiang, China. Sustainability 2023, 15(19), 14608; https://doi.org/10.3390/su151914608.

208. Sodangi I.A Effect of intra-row spacing on the yield components and yield of soybean in Kafanchan, Kaduna State, Nigeria. *Science World Journal* Vol. 19(No 3) 2024. P.684-686.

209. Marta Jańczak-Pieniążek, Jan Buczek Morphophysiology, Productivity and Quality of Soybean (Glycine max (L.) Merr.) cv. Merlin in Response to Row Spacing and Seeding Systems. *Agronomy* 2021, 11(2), 403. https://doi.org/10.3390/agronomy11020403.

210. Каленська С. М., Новицька Н. В., Гарбар Л. А., Андрієць Д. В. Урожайність як інтегральний показник реакції рослин сої на елементи технології вирощування. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Серія "Агрономія"*. 2010. Вип.149. С. 227–234.

211. Бабич А. О., Сереветник О. В. Ефективність застосування позакореневих підживлень сої. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць.* 2013. Вип. 17. С. 36–41.

212. Жук О. Я., Сич З. Д. Насінництво овочевих культур: навч. Посіб. Вінниця: Глобус-ПРЕС, 2011. 450 с.

213. Волощук О. В. Урожайні властивості насіння пшениці озимої залежно від місця його формування у колосі. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2008. Вип. 50. С. 31-35.

214. Новицька Н. В. Насіннєзнавство. ТОВ «Центр поліграфії «Компринт», 2023. 90 с.

215. Насінництво й насіннєзнавство зернових культур. За ред. М.О. Кіндрука. К.: Аграрна наука, 2003. 240 с.

216. Чорна В. М. Насіннєва продуктивність сої залежно від технічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб*. Вінниця, 2016. Вип. 82. С. 69–77.

217. Кобизєва Л. Н. Скринінг колекції сої НЦ ГРРУ за вмістом в насінні білка та жиру. *Селекція і насінництво.* Харків, 2015. Вип. 108. С. 53–60.

218. Січкар В. І., Ганжело О. І., Лаврова Г. Д., Коруняк О. П. Методи, напрямки і практичні результати селекції сої в умовах південного Степу України. *Селекція і насінництво*. Харків, 2005. Вип. 90. С. 35–44.

219. Хорсун І. А., Лаврова Г. Д., Січкар В. І. Цілеспрямований добір батьківських форм для створення нового вихідного матеріалу сої. *Селекція і насінництво : збірник наук. праць СГІ-НЦНС*. Одеса, 2010. Вип. 15(55). С. 39–51.

220. Богдан Т. М., Полонецька Л. М., Богдан В. З. Аналіз фенотипічної та гено-типічної мінливості ознак насіннєвої продуктивності у сортів льону олійного (Linum ussitatissimum). Фундаментальні та прикладні аспекти

генетики: міжнар. наук. конф. Мінськ, 2008. С. 46-48.

221. Лещенко О. К. Селекція, насінництво та насінництво сої. Київ: "Урожай", 1985. 120 с.

222. Дробітько А. В. Продуктивність сої різних груп стиглості. *Вісник аграрної науки південного регіону*. Одеса:СМИЛ. 2001. С.74-77.

236. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. № 3.

237. Лемешик А. В. Формування продуктивності сортів сої залежно від агротехнічних заходів в умовах Правобережного Лісостепу України: дис. …д-ра. філософ. наук : 201. Київ, 2024. 187 с.

238. Holshouser, D. L, Whittaker, J. P. Plant population and row-spacing effects on early soybean production systems in Mid-Atlantic USA. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. P. 603-611.

239. De Bruin, Pedersen, P. Soybean seed yield response to planting date and seeding rate in the Upper Midwest. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100. P. 696-703.

240. Bowers, G. R., Rabb J. L., Ashlock, L. O., Santini, J. B. Row spacing in the early soybean production system. *Agronomy Journal.* 2000. Vol. 92. P. 524-531.

241. Каленська С. М., Новицька Н. В., СтрихарА. Є. Стан та перспективи розширення виробництва сої. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. Вип.141. С.133–136.

242. Нідзельський В. А, Новицька Н. В., Шутий О. Спрямування технологічних заходів на стабілізацію урожаїв сої. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Сер. Агрономія. 2012. Вип.176. С.74–78.

243. Позняк В. Особливий біб. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 4. С. 22–23.

244. Білявська Л. Г., Рибальченко А. М. Мінливість господарсько-цінних ознак сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2019. № 1. С. 65–72.

245. Briguglio M., Eyherabide G., Liiquez J. Variability in unitz tripsin inhibitor contents and activity in Argentinian soybean cultivars. Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Substainable Supplu: VIII World Soybean

conference research. Beijng, China. 2009. August. P. 10–15.

246. Temperly R.J., Borges R. Tillage and crop rotation impact on soybean grain yield and composition. *Agron. J.* 2006. Vol. 98. P. 999–1004.

247. Tomas J.M.G., Boote K.J., Allen L .H., Gallo-Meagher M., Davis J.M. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Sci.* 2003. Vol. 43. P. 1548–1557.

248. Benzain, B.; Lane, P.W. Protein concentration of grains in relation to some weather and soil factors during 17 years of English winter wheat experiments. *J. Sci. Food Agric.* 1986, *37*, 435–444.

249. Biel, W.; Gawęda, D.; Hury, G.; Jaroszewska, A. Content of minerals in soybean seeds as influenced by farming system, variety and row spacing. *J. Elem.* 2018, *23*, 863–873.

250. Чорнолата Л. Кормова цінність протеїну та жиру насіння сої. Сучасне тваринництво. *Агробізнес сьогодні*. 2018. URL : http://agro-business.com.ua/agro/suchasnetvarynnytstvo/item/11332-kormova-tsinnist-proteinu-ta-zhyru-nasinnia-soi.html.

251. Sinclair, T.R.; Zwieniecki, M.A.; Holbrook, N.M. Low leaf hydraulic conduct ance associated with drought tolerance in soybean. *Physiol. Plant.* 2008, *132*, 446–451.

252. Assefa, Y.; Purcell, L.C.; Salmeron, M.; Naeve, S.; Casteel, S.N.; Kovács, P.; Archontoulis, S.; Licht, M.; Below, F.; Kandel, H.; et al. Assessing Variation in US Soybean Seed Composition (Protein and Oil). *Front. Plant Sci.* 2019, *10*, 298.

253. Włodarczyk, M. Wpływ Terminów Siewu na Rozwój i Plonowanie Odmian soi (*Glycine max* (L.) Merill) (Effect of Planting Date of Soybean (*Glycine max* (L.) Merill) on Cultivars Growth and Yield). Rozprawa Doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wroclaw, Poland, 2020; p. 96.

254. Марченко Т. Ю. Інноваційні елементи технології вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах зрошення. Природничі науки та сучасні технологічні рішення: інтеграція знань у XXI столітті: колективна монографія. Львів-Торунь: Ліга-Прес, 2019. P. 137–153. DOI: https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/135-152; URL: https://catalog. lihapres. eu/index.php/ liha-pres/ catalog/book/63.

255. Бабич А. О., Новохацький М. Л. Вплив прийомів технології вирощування на вміст сирого білка в зерні сої. *Корми і кормовиробництво*. 2001. № 47. С. 94–98.

256. Шепілова Т. П. Формування високопродуктивних посівів сої під впливом агротехнічних прийомів в умовах Кіровоградської області: автореф. дис. … канд. / Кіровоградський інститут АПВ. Дніпропетровськ, 2009. 20 с.

257. Формування врожаю сої залежно від складових агротехнології: моногр. / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, С. О. Бомко. Київ: 2021. с.

258. Тараненко С. В. Економічні аспекти застосування бакових сумішей гербіцидів на посівах озимої пшениці. *Вісн. Полтав. держ. аграр. акад*. 2008. № 3. С. 21–24.

259. Халеп Ю. М. Економічна та енергетична ефективність застосування Бактопасльону в технології вирощування картоплі. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. Вип. 17. С. 159–169.

260. Laue G. Influence of Rotation Sequence on the Optimum Corn and *Soybean Plant Population*. 2002. Vol. 94. P. 968–974.

261. Fukuda T. Molecular phylogeny and evolution of alcohol dehydrogenase (Adh) genes in legumes. *BMC Plant Biology*. 2005. Vol. 5:6. P. 186-196.

262. Присяжнюк О. І., Григоренко С. В., Половинчук О. Ю. Особливості реалізації біологічного потенціалу сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. Plant Var. Stud. Prot. 2018. Т. 14, № 2. С. 215-223. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773

263. Маркова Н. В., Дробітько А. В. Програмування врожаїв. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 201 «Агрономія» - 2020.- 64 с.

264. Kordas Leszek. 2005. Energy and economic effects of reduced tillage in crop rotation. *Acta Scientiarum Polonorum*. Agricultura 4 (1): 51-59.

265. Abramczuk Łukasz, Irena Augustyńska, Arkadiusz Bębenista, Marcin Żekało. 2018. Produkcja, koszty i dochody z wybranych produktów rolniczych w latach 2016-2017 (Production, costs and income from selected agricultural products in the years 2016-2017). Warszawa: IERiGŻ-PIB.

266. Gawęda Dorota, Anna Nowak, Małgorzata Haliniarz, Andrzej Woźniak. 2020. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International Journal of Plant Production* 14: 475-485. DOI: 10.1007/s42106-020-00098-1.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Динаміка висоти рослин сої, см (2022 р.)

Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Середньо добовий лінійний приріст см/добу
	3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	повна стиглість	
Титан						
Рядковий, 15 см	21,6	26,3	62,0	90,0	90,5	0,76
Рядковий, 30 см	21,6	30,3	61,7	87,0	88,1	0,73
Широкорядний, 45 см	20,0	27,6	63,0	92,0	93,1	0,77
Паллада						
Рядковий, 15 см	23,3	58,6	80,0	97,0	97,6	0,76
Рядковий, 30 см	26,6	59,0	68,3	105,7	106,0	0,83
Широкорядний, 45 см	28,0	69,0	72,3	116,0	117,1	0,91
Кобуко						
Рядковий, 15 см	24,3	43,0	73,6	96,2	97,3	0,73
Рядковий, 30 см	26,5	46,2	75,3	101,6	102,9	0,75
Широкорядний, 45 см	27,0	48,9	78,2	106,4	107,3	0,77

Таблиця А.2

Динаміка висоти рослин сої, см (2023 р.)

Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Середньо добовий лінійний приріст см/добу
	3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	повна стиглість	
Титан						
Рядковий, 15 см	14,0	38,0	58,0	70,9	71,0	0,63
Рядковий, 30 см	15,0	44,0	60,7	73,0	73,8	0,65
Широкорядний, 45 см	15,3	29,0	62,0	74,1	75,6	0,66
Паллада						
Рядковий, 15 см	18,0	45,7	78,0	100,3	101,0	0,82
Рядковий, 30 см	18,3	30,0	75,7	91,6	92,6	0,74
Широкорядний, 45 см	19,0	52,3	80,7	110,5	111,3	0,90
Кобуко						
Рядковий, 15 см	17,0	27,0	66,3	96,2	97,3	0,75
Рядковий, 30 см	16,0	39,3	77,0	98,6	99,9	0,75
Широкорядний, 45 см	16,0	44,3	77,0	101,4	102,3	0,77

Таблиця А.3

Динаміка висоти рослин сої, см (2024 р.)

Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Середньо добовий лінійний приріст см/добу
	3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	повна стиглість	
Титан						
Рядковий, 15 см	17,3	28,3	53,7	55,2	57,1	0,47
Рядковий, 30 см	16,3	25,7	53,0	56,0	57,9	0,48
Широкорядний, 45 см	16,3	29,0	55,0	56,4	58,0	0,48
Паллада						
Рядковий, 15 см	18,7	35,0	83,0	87,2	88,3	0,73
Рядковий, 30 см	20,0	31,0	82,3	88,0	89,1	0,73
Широкорядний, 45 см	23,7	34,3	85,0	88,9	90,9	0,74
Кобуко						
Рядковий, 15 см	17,7	32,0	62,7	79,4	80,9	0,66
Рядковий, 30 см	19,0	35,0	66,3	82,5	83,9	0,68
Широкорядний, 45 см	20,7	32,0	72,7	83,2	84,7	0,69

Додаток Б

Таблиця Б.1

Динаміка площі листкової поверхні залежно від способів сівби, тис. м²/га, 2022 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	28,0	39,8	50,9	53,7	23,0
	Рядковий 30 см	25,6	38,0	45,7	50,3	21,6
	Широкорядний 45 см	19,1	36,8	42,9	49,9	19,0
Паллада	Рядковий 15 см	20,7	37,0	38,6	48,8	14,2
	Рядковий 30 см	25,6	38,4	40,0	51,8	16,2
	Широкорядний 45 см	18,9	36,8	37,6	46,5	10,2
Кобуко	Рядковий 15 см	22,6	39,7	47,5	52,0	20,8
	Рядковий 30 см	19,7	39,8	43,0	50,7	19,3
	Широкорядний 45 см	18,3	36,2	40,0	48,3	18,4

Таблиця Б.2

Динаміка площі листкової поверхні залежно від способів сівби, тис. м²/га, 2023 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	12,6	35,4	46,4	45,9	20,5
	Рядковий 30 см	7,6	33,3	42,2	40,9	20
	Широкорядний 45 см	6,8	30,7	41,5	38,7	19,4
Паллада	Рядковий 15 см	16,5	36,1	47,1	42,5	22,3
	Рядковий 30 см	17,7	34,4	47	44,7	23,4
	Широкорядний 45 см	9	32,4	45,4	41,2	21,1
Кобуко	Рядковий 15 см	12,6	35,2	46,5	42,1	21
	Рядковий 30 см	10,6	34,9	43,8	39,4	19,7
	Широкорядний 45 см	9,3	31,4	41,8	39,3	19,7

Таблиця Б.3

Динаміка площі листкової поверхні залежно від способів сівби, тис. м²/га, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	23,7	34,9	42,6	50,0	15,3
	Рядковий 30 см	22,7	33,9	40,0	49,5	15,1
	Широкорядний 45 см	19,4	32,8	39,2	47,8	14,7
Паллада	Рядковий 15 см	22,5	29,8	45,1	50,5	15,5
	Рядковий 30 см	12,8	37,6	44,9	50,7	15,5
	Широкорядний 45 см	16,0	32,6	40,2	47,3	14,5
Кобуко	Рядковий 15 см	16,4	35,2	40,5	50,8	15,6
	Рядковий 30 см	17,4	34,9	39,7	48,5	15,2
	Широкорядний 45 см	17,1	30,4	38,8	47,2	14,5

Додаток В

Таблиця В.1

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу залежно від способів сівби, млн. м² днів/га (2022 р.)

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи-3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок-початок цвітіння	початок цвітіння-кінець цвітіння	кінець цвітіння-налив насіння	налив насіння-фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,673	1,181	2,677	4,194	4,923
	Рядковий 30 см	0,614	1,092	2,472	3,864	4,547
	Широкорядний 45 см	0,458	0,877	2,193	3,539	4,193
Паллада	Рядковий 15 см	0,538	1,173	2,345	3,699	4,235
	Рядковий 30 см	0,666	1,370	2,585	4,007	4,585
	Широкорядний 45 см	0,492	1,105	2,258	3,561	4,043
Кобуко	Рядковий 15 см	0,588	1,273	2,625	4,167	4,786
	Рядковий 30 см	0,512	1,167	2,450	3,902	4,497
	Широкорядний 45 см	0,476	1,075	2,256	3,626	4,193

Таблиця В.2

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу залежно від способів сівби, млн. м² днів/га (2023 р.)

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи-3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок-початок цвітіння	початок цвітіння-кінець цвітіння	кінець цвітіння-налив насіння	налив насіння-фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,290	0,674	1,778	2,978	3,808
	Рядковий 30 см	0,190	0,558	1,615	2,779	3,601
	Широкорядний 45 см	0,170	0,508	1,518	2,641	3,425
Паллада	Рядковий 15 см	0,413	0,886	2,009	3,258	3,712
	Рядковий 30 см	0,443	0,911	2,010	3,220	3,731
	Широкорядний 45 см	0,225	0,598	1,648	2,834	3,394
Кобуко	Рядковий 15 см	0,302	0,709	1,812	2,969	3,681
	Рядковий 30 см	0,254	0,641	1,704	2,854	3,603
	Широкорядний 45 см	0,223	0,569	1,557	2,636	3,322

Таблиця В.3

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу залежно від способів сівби, млн. м² днів/га (2024 р.)

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи-3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок-початок цвітіння	початок цвітіння-кінець цвітіння	кінець цвітіння-налив насіння	налив насіння-фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,640	1,051	1,981	3,138	4,019
	Рядковий 30 см	0,613	1,010	1,897	3,015	3,888
	Широкорядний 45 см	0,525	0,890	1,754	2,841	3,684
Паллада	Рядковий 15 см	0,607	1,025	2,073	3,459	4,185
	Рядковий 30 см	0,345	0,748	1,903	3,289	4,183
	Широкорядний 45 см	0,432	0,821	1,840	3,109	3,944
Кобуко	Рядковий 15 см	0,442	0,803	1,825	3,011	3,908
	Рядковий 30 см	0,470	0,836	1,843	2,990	3,850
	Широкорядний 45 см	0,461	0,793	1,727	2,845	3,678

Додаток Г

Таблиця Г.1

Динаміка накопичення сухої речовини рослинами сої залежно від способу посіву 2022 р., т/га

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	2,62	3,54	5,59	6,69	7,40
	Рядковий 30 см	1,04	4,07	6,23	6,53	6,84
	Широкорядний 45 см	0,99	2,75	4,67	5,88	6,78
Паллада	Рядковий 15 см	1,98	4,14	5,33	6,09	6,72
	Рядковий 30 см	1,29	4,91	5,27	6,19	6,77
	Широкорядний 45 см	0,69	3,53	4,20	4,73	6,06
Кобуко	Рядковий 15 см	2,00	4,03	5,43	6,21	6,94
	Рядковий 30 см	1,56	3,57	5,23	6,21	6,79
	Широкорядний 45 см	1,42	2,35	4,56	5,76	6,61

Таблиця Г.2

Динаміка накопичення сухої речовини рослинами сої залежно від способу посіву 2023 р., т/га

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,73	2,50	4,12	4,71	5,52
	Рядковий 30 см	0,43	1,98	4,11	4,63	5,22
	Широкорядний 45 см	0,48	2,64	3,70	4,33	4,91
Паллада	Рядковий 15 см	0,57	1,64	5,00	5,52	5,70
	Рядковий 30 см	0,40	1,23	4,81	5,60	5,68
	Широкорядний 45 см	0,33	2,68	4,22	4,41	4,93
Кобуко	Рядковий 15 см	0,68	1,40	4,72	5,12	5,64
	Рядковий 30 см	0,53	2,00	4,60	4,80	5,33
	Широкорядний 45 см	0,47	2,71	4,20	4,51	5,12

Таблиця Г.3

Динаміка накопичення сухої речовини рослинами сої залежно від способу посіву 2024 р., т/га

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	2,07	3,83	5,66	6,10	6,28
	Рядковий 30 см	1,69	2,44	5,67	6,00	6,18
	Широкорядний 45 см	0,82	2,13	5,07	5,80	5,97
Паллада	Рядковий 15 см	0,72	2,07	5,84	6,10	6,28
	Рядковий 30 см	1,09	2,50	5,20	6,40	6,59
	Широкорядний 45 см	0,85	1,55	5,00	6,20	6,39
Кобуко	Рядковий 15 см	1,88	2,60	5,33	6,00	6,18
	Рядковий 30 см	2,22	2,30	5,04	6,00	6,18
	Широкорядний 45 см	2,10	2,30	5,13	5,80	5,97

Додаток Д

Таблиця Д.1

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу залежно від способів сівби, г/м^2 за добу (у середньому за 2022–2024 рр.)

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи–3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння – фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий, 15 см	3,55	5,00	1,37	2,50	0,60
	Рядковий, 30 см	2,70	4,61	1,24	2,07	0,51
	Широкорядний, 45 см	2,11	3,65	1,06	1,61	0,30
Паллада	Рядковий, 15 см	2,35	4,33	1,01	2,03	0,38
	Рядковий, 30 см	2,18	4,68	1,35	2,08	0,49
	Широкорядний, 45 см	1,75	3,80	0,89	1,66	0,26
Кобуко	Рядковий, 15 см	2,47	4,63	1,38	2,63	0,30
	Рядковий, 30 см	2,12	3,84	1,29	2,40	0,27
	Широкорядний, 45 см	2,03	3,41	1,06	1,85	0,22

Додаток Е

Таблиця Е.1

Коефіцієнт використання ФАР посівами сої залежно від елементів технології вирощування,%, 2022р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи–3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння – повна стиглість
Титан	Рядковий, 15 см	0,64	0,87	1,37	1,64	1,81
	Рядковий, 30 см	0,25	0,99	1,52	1,60	1,67
	Широкорядний, 45 см	0,24	0,67	1,14	1,44	1,66
Паллада	Рядковий, 15 см	0,48	1,01	1,30	1,49	1,64
	Рядковий, 15 см	0,31	1,20	1,29	1,51	1,65
	Широкорядний, 45 см	0,17	0,86	1,03	1,16	1,48
Кобуко	Рядковий, 15 см	0,49	0,98	1,33	1,52	1,70
	Рядковий, 15 см	0,38	0,87	1,28	1,52	1,66
	Широкорядний, 45 см	0,35	0,57	1,11	1,41	1,62

Таблиця Е.2

Коефіцієнт використання ФАР посівами сої залежно від елементів технології вирощування,%, 2023р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи–3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння – повна стиглість
Титан	Рядковий, 15 см	0,18	0,61	1,01	1,15	1,35
	Рядковий, 30 см	0,10	0,48	1,00	1,13	1,28
	Широкорядний, 45 см	0,12	0,65	0,90	1,06	1,20
Паллада	Рядковий, 15 см	0,14	0,40	1,22	1,35	1,39
	Рядковий, 30 см	0,10	0,30	1,18	1,37	1,39
	Широкорядний, 45 см	0,08	0,66	1,03	1,08	1,20
Кобуко	Рядковий, 15 см	0,17	0,34	1,15	1,25	1,38
	Рядковий, 30 см	0,13	0,49	1,12	1,17	1,30
	Широкорядний, 45 см	0,11	0,66	1,03	1,10	1,25

Таблиця Е.3

Коефіцієнт використання ФАР посівами сої залежно від елементів технології вирощування,%, 2024р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		повні сходи–3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – початок цвітіння	початок цвітіння - кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння – повна стиглість
Титан	Рядковий, 15 см	0,51	0,94	1,38	1,49	1,54
	Рядковий, 30 см	0,41	0,60	1,38	1,47	1,51
	Широкорядний, 45 см	0,20	0,52	1,24	1,42	1,46
Паллада	Рядковий, 15 см	0,18	0,51	1,43	1,49	1,54
	Рядковий, 30 см	0,27	0,61	1,27	1,56	1,61
	Широкорядний, 45 см	0,21	0,38	1,22	1,52	1,56
Кобуко	Рядковий, 15 см	0,46	0,64	1,30	1,47	1,51
	Рядковий, 30 см	0,54	0,56	1,23	1,47	1,51
	Широкорядний, 45 см	0,51	0,56	1,25	1,42	1,46

Додаток Ж

Таблиця Ж.1

Вплив способу сівби на динаміку загальної кількості бульбочок, шт./рослину, 2022 рр.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	25,3	36,6	66,0	118,7	65,3
	Рядковий 30 см	24,3	25,3	64,3	113,3	62,3
	Широкорядний 45 см	20,0	24,0	61,3	104,3	57,4
Паллада	Рядковий 15 см	8,3	24,6	53,6	96,3	53,1
	Рядковий 30 см	10,3	25,3	55,3	109,3	60,1
	Широкорядний 45 см	8,0	18,6	46,3	94,0	51,7
Кобуко	Рядковий 15 см	25,3	36,6	66,0	118,7	65,3
	Рядковий 30 см	24,3	25,3	64,3	113,3	62,3
	Широкорядний 45 см	20,0	24,0	61,3	104,3	57,4

Таблиця Ж.2

Вплив способу сівби на динаміку кількості активних бульбочок, шт./рослину, 2022 рр.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	24,0	35,9	65,3	112,7	22,8
	Рядковий 30 см	23,1	24,8	63,7	107,6	21,8
	Широкорядний 45 см	19,0	23,5	60,7	99,1	20,1
Паллада	Рядковий 15 см	7,9	24,1	53,1	91,5	18,6
	Рядковий 30 см	9,8	24,8	54,7	103,8	21,0
	Широкорядний 45 см	7,6	18,2	45,8	89,3	18,1
Кобуко	Рядковий 15 см	24,0	35,9	65,3	112,7	22,8
	Рядковий 30 см	23,1	24,8	63,7	107,6	21,8
	Широкорядний 45 см	19,0	23,5	60,7	99,1	20,1

Таблиця Ж.3

Вплив способу сівби на динаміку загальної маси бульбочок, г/рослину, 2022 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,26	0,42	1,33	1,55	0,35
	Рядковий 30 см	0,22	0,35	1,20	1,51	0,30
	Широкорядний 45 см	0,18	0,35	1,15	1,38	0,30
Паллада	Рядковий 15 см	0,14	0,39	0,73	1,32	0,47
	Рядковий 30 см	0,26	0,45	0,92	1,47	0,45
	Широкорядний 45 см	0,12	0,37	0,68	1,12	0,43
Кобуко	Рядковий 15 см	0,26	0,42	1,33	1,55	0,35
	Рядковий 30 см	0,22	0,35	1,20	1,51	0,30
	Широкорядний 45 см	0,18	0,35	1,15	1,38	0,30

Таблиця Ж.4

Вплив способу сівби на динаміку маси активних бульбочок, г/рослину, 2022 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,25	0,41	1,32	1,47	0,12
	Рядковий 30 см	0,21	0,34	1,18	1,43	0,11
	Широкорядний 45 см	0,17	0,34	1,14	1,31	0,11
Паллада	Рядковий 15 см	0,13	0,38	0,72	1,25	0,16
	Рядковий 30 см	0,25	0,44	0,91	1,40	0,16
	Широкорядний 45 см	0,11	0,36	0,67	1,06	0,15
Кобуко	Рядковий 15 см	0,26	0,42	1,33	1,55	0,35
	Рядковий 30 см	0,22	0,35	1,20	1,51	0,30
	Широкорядний 45 см	0,18	0,35	1,15	1,38	0,30

Таблиця Ж.5

Вплив способу сівби на динаміку загальної кількості бульбочок, шт./рослину, 2023 рр.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	19,0	22,0	43,3	59,0	32,3
	Рядковий 30 см	23,0	27,3	28,3	44,0	24,6
	Широкорядний 45 см	20,0	21,0	26,0	40,0	24,3
Паллада	Рядковий 15 см	13,7	25,0	34,6	70,0	51,3
	Рядковий 30 см	13,0	29,7	33,3	66,0	52,0
	Широкорядний 45 см	13,3	22,0	28,3	54,0	32,6
Кобуко	Рядковий 15 см	15,0	35,7	36,7	62,3	39,8
	Рядковий 30 см	14,7	26,0	29,7	55,3	35,9
	Широкорядний 45 см	18,7	21,7	22,0	48,3	32,1

Таблиця Ж.6

Вплив способу сівби на динаміку кількості активних бульбочок, шт./рослину, 2023 рр.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	18,1	21,6	42,9	56,1	11,3
	Рядковий 30 см	21,9	26,8	28,0	41,8	8,6
	Широкорядний 45 см	19,0	20,6	25,7	38,0	8,5
Паллада	Рядковий 15 см	13,0	24,5	34,3	66,5	18,0
	Рядковий 30 см	12,4	29,1	33,0	62,7	18,2
	Широкорядний 45 см	12,7	21,6	28,0	51,3	11,4
Кобуко	Рядковий 15 см	14,3	35,0	36,3	59,2	13,9
	Рядковий 30 см	13,9	25,5	29,4	52,5	12,6
	Широкорядний 45 см	17,7	21,3	21,8	45,9	11,2

Таблиця Ж.7

Вплив способу сівби на динаміку загальної маси бульбочок, г/рослину, 2023 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,09	0,57	0,79	1,12	0,35
	Рядковий 30 см	0,17	0,21	0,65	1,04	0,30
	Широкорядний 45 см	0,13	0,20	0,60	1,02	0,30
Паллада	Рядковий 15 см	0,12	0,57	0,80	1,18	0,61
	Рядковий 30 см	0,14	0,41	0,73	1,13	0,58
	Широкорядний 45 см	0,13	0,31	0,67	1,00	0,48
Кобуко	Рядковий 15 см	0,09	0,35	0,80	1,14	0,58
	Рядковий 30 см	0,12	0,20	0,67	1,11	0,40
	Широкорядний 45 см	0,13	0,20	0,60	0,95	0,41

Таблиця Ж.8

Вплив способу сівби на динаміку маси активних бульбочок, г/рослину, 2023 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,08	0,56	0,79	1,06	0,12
	Рядковий 30 см	0,16	0,21	0,64	0,99	0,11
	Широкорядний 45 см	0,13	0,20	0,59	0,97	0,11
Паллада	Рядковий 15 см	0,12	0,56	0,79	1,12	0,21
	Рядковий 30 см	0,13	0,40	0,72	1,07	0,20
	Широкорядний 45 см	0,12	0,31	0,66	0,95	0,17
Кобуко	Рядковий 15 см	0,09	0,34	0,79	1,08	0,20
	Рядковий 30 см	0,11	0,20	0,66	1,05	0,14
	Широкорядний 45 см	0,13	0,20	0,59	0,90	0,14

Таблиця Ж.9

Вплив способу сівби на динаміку загальної кількості бульбочок, шт./рослину, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	18,3	45,3	63,3	95,0	28,5
	Рядковий 30 см	18,0	41,3	72,3	94,3	28,3
	Широкорядний 45 см	15,3	42,7	60,0	91,3	27,4
Паллада	Рядковий 15 см	4,3	24,7	28,3	47,0	18,8
	Рядковий 30 см	7,0	17,7	27,0	31,7	12,7
	Широкорядний 45 см	7,0	24,7	25,3	30,0	12,0
Кобуко	Рядковий 15 см	5,0	20,0	33,3	45,7	21,0
	Рядковий 30 см	10,3	16,7	23,0	49,3	22,7
	Широкорядний 45 см	6,3	15,0	21,3	40,7	18,7

Таблиця Ж.10

Вплив способу сівби на динаміку кількості активних бульбочок, шт./рослину, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	17,8	43,0	60,1	80,8	12,8
	Рядковий 30 см	17,5	39,3	68,6	80,2	12,7
	Широкорядний 45 см	14,9	40,5	57,0	77,6	12,3
Паллада	Рядковий 15 см	4,2	23,4	26,9	40,0	8,5
	Рядковий 30 см	6,8	16,8	25,7	26,9	5,7
	Широкорядний 45 см	6,8	23,4	24,0	25,8	5,4
Кобуко	Рядковий 15 см	4,9	19,0	31,6	38,8	9,5
	Рядковий 30 см	10,0	15,9	21,9	41,9	10,2
	Широкорядний 45 см	6,1	14,3	20,2	34,6	8,4

Таблиця Ж.11

Вплив способу сівби на динаміку загальної маси бульбочок, г/рослину, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,09	0,26	0,31	1,15	0,35
	Рядковий 30 см	0,10	0,21	0,39	0,87	0,26
	Широкорядний 45 см	0,05	0,27	0,30	0,80	0,24
Паллада	Рядковий 15 см	0,03	0,20	0,22	0,29	0,12
	Рядковий 30 см	0,02	0,19	0,19	0,23	0,09
	Широкорядний 45 см	0,03	0,16	0,18	0,21	0,08
Кобуко	Рядковий 15 см	0,01	0,15	0,23	0,54	0,25
	Рядковий 30 см	0,04	0,15	0,20	0,43	0,20
	Широкорядний 45 см	0,04	0,13	0,19	0,41	0,19

Таблиця Ж.12

Вплив способу сівби на динаміку маси активних бульбочок, г/рослину, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку рослин сої				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість
Титан	Рядковий 15 см	0,09	0,25	0,29	0,98	0,16
	Рядковий 30 см	0,09	0,20	0,37	0,74	0,12
	Широкорядний 45 см	0,05	0,26	0,29	0,68	0,11
Паллада	Рядковий 15 см	0,03	0,19	0,21	0,25	0,05
	Рядковий 30 см	0,02	0,18	0,18	0,20	0,04
	Широкорядний 45 см	0,03	0,15	0,17	0,18	0,04
Кобуко	Рядковий 15 см	0,01	0,14	0,22	0,46	0,11
	Рядковий 30 см	0,04	0,14	0,19	0,37	0,09
	Широкорядний 45 см	0,04	0,12	0,18	0,35	0,08

Додаток К

Таблиця К.1

Формування загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га, 2022 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіологічна стиглість	
Титан	Рядковий, 15 см	3,1	2,6	9,6	10,4	4,3	30,01
	Рядковий, 30 см	2,6	2,1	8,5	9,8	4,1	27,17
	Широкорядний, 45 см	2,2	2,0	8,3	9,2	3,8	25,35
Пал-лада	Рядковий, 15 см	1,8	2,9	5,8	7,9	3,8	22,21
	Рядковий, 30 см	3,4	3,9	7,1	9,3	4,1	27,74
	Широкорядний, 45 см	1,6	2,7	5,4	7,0	3,3	19,91
Кобук о	Рядковий, 15 см	0,82	2,25	5,13	8,59	7,49	23,5
	Рядковий, 30 см	1,12	2,27	4,32	7,40	6,49	20,3
	Широкорядний, 45 см	1,04	1,56	3,96	6,78	5,94	19,1

Таблиця К.2

Формування активного симбіотичного потенціалу (АСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га, 2022 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіоло-гічна стиглість	
Титан	Рядковий, 15 см	3,0	2,5	9,5	10,1	3,6	28,64
	Рядковий, 30 см	2,5	2,1	8,4	9,5	3,5	25,94
	Широкорядний, 45 см	2,1	1,9	8,1	8,9	3,2	24,19
Пал-лада	Рядковий, 15 см	1,7	2,8	5,7	7,7	3,0	20,89
	Рядковий, 30 см	3,2	3,8	7,0	8,9	3,3	26,26
	Широкорядний, 45 см	1,5	2,6	5,3	6,7	2,6	18,73
Кобук о	Рядковий, 15 см	0,77	2,17	4,97	7,43	5,60	20,03
	Рядковий, 30 см	1,06	2,18	4,18	6,40	4,71	17,50
	Широкорядний, 45 см	0,98	1,48	3,83	5,87	4,36	16,37

Таблиця К.3

Формування загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га, 2023 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіоло-гічна стиглість	
Титан	Рядковий, 15 см	1,0	2,6	6,1	6,2	3,7	19,65
	Рядковий, 30 см	2,0	1,5	3,9	5,5	3,4	16,24
	Широкорядний, 45 см	1,5	1,3	3,6	5,3	3,3	15,03
Пал-лада	Рядковий, 15 см	1,5	3,1	6,2	6,9	5,6	23,32
	Рядковий, 30 см	1,8	2,5	5,1	6,5	5,3	21,19
	Широкорядний, 45 см	1,6	2,0	4,4	5,8	4,6	18,45
Кобу ко	Рядковий, 15 см	1,1	1,9	5,2	7,2	4,7	20,11
	Рядковий, 30 см	1,4	1,3	3,9	6,6	4,2	17,42
	Широкорядний, 45 см	1,6	1,4	3,6	5,8	3,7	16,11

Таблиця К.4

Формування активного симбіотичного потенціалу (АСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га, 2023 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	Фізіолог-гічна стиглість	
Титан	Рядковий, 15 см	0,9	2,6	6,0	6,0	3,0	18,54
	Рядковий, 30 см	1,9	1,5	3,8	5,3	2,7	15,23
	Широкорядний, 45 см	1,5	1,3	3,6	5,1	2,7	14,07
Пал-лада	Рядковий, 15 см	1,5	3,0	6,1	6,7	4,2	21,42
	Рядковий, 30 см	1,7	2,4	5,1	6,3	4,0	19,40
	Широкорядний, 45 см	1,5	1,9	4,4	5,6	3,5	16,93
Кобук о	Рядковий, 15 см	1,1	1,8	5,1	6,1	3,5	17,64
	Рядковий, 30 см	1,3	1,3	3,9	5,6	3,3	15,37
	Широкорядний, 45 см	1,5	1,4	3,6	4,9	2,9	14,19

Таблиця К.5

Формування загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	Фізіолог-гічна стиглість	
Титан	Рядковий, 15 см	1,2	2,5	6,8	18,3	5,0	33,80
	Рядковий, 30 см	1,3	2,1	7,2	15,8	3,8	30,30
	Широкорядний, 45 см	0,7	2,3	6,8	13,8	3,5	27,08
Паллада	Рядковий, 15 см	0,4	1,8	5,9	7,4	4,1	19,58
	Рядковий, 30 см	0,3	1,7	5,3	6,1	3,2	16,58
	Широкорядний, 45 см	0,4	1,5	4,8	5,7	2,9	15,21
Кобуко	Рядковий, 15 см	0,1	1,1	5,1	10,0	10,6	26,86
	Рядковий, 30 см	0,5	1,3	4,7	8,2	8,5	23,26
	Широкорядний, 45 см	0,6	1,2	4,3	7,8	8,1	22,00

Таблиця К.6

Формування активного симбіотичного потенціалу (АСП) сої залежно від ширини міжрядь, тис. кг˙діб/га, 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Фази росту і розвитку					Загальний за весь період
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив насіння	фізіоло-гічна стиглість	
Титан	Рядковий, 15 см	1,2	2,3	6,5	15,9	5,1	31,01
	Рядковий, 30 см	1,3	2,1	6,9	13,9	3,9	27,97
	Широкорядний, 45 см	0,7	2,2	6,5	12,1	3,5	24,96
Пал-лада	Рядковий, 15 см	0,4	1,8	5,6	6,6	3,0	17,32
	Рядковий, 30 см	0,3	1,6	5,0	5,5	2,4	14,74
	Широкорядний, 45 см	0,3	1,4	4,5	5,1	2,2	13,52
Кобук о	Рядковий, 15 см	0,1	1,0	4,8	8,8	7,7	22,43
	Рядковий, 30 см	0,5	1,3	4,5	7,2	6,1	19,64
	Широкорядний, 45 см	0,6	1,2	4,1	6,9	5,9	18,56

Додаток Н

РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ

У – маса рослини, г;
X_1 – площа живлення, $см^2$
X_2 - ширина міжрядь, см
X_3 – густота рослин, тис./га

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Титан
$У = 11,4433 – 0,2898X_1 + 0,0483X_2 – 0,0003X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,986
Критерій Фішера F = 87,25

Таблиця Н.1

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0014	0,0001	0,0277
Оцінка	21,43	2,25	1,75

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Паллада
$У = 21,4495 – 0,2856X_1 + 1,1240X_2 – 0,0053X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,842
Критерій Фішера F = 80,09

Таблиця Н.2

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0115	0,0427	0,0013
Оцінка	24,90	26,32	4,14

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Кобуко
$У = 13,5433 – 0,0148X_1 + 0,4092X_2 – 0,0002X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,984
Критерій Фішера F = 88,54

Таблиця Н.3

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0020	0,0231	0,0002
Оцінка	7,52	17,69	1,13

Додаток П

РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ

У – кількість бобів, шт.;
X_1 – площа живлення, $см^2$
X_2 - ширина міжрядь, см
X_3 – густота рослин, тис./га

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Титан
$У = 13,2428 + 0,2385X_1 - 0,5676X_2 + 0,0001X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,981
Критерій Фішера F = 83,85

Таблиця П.1

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0044	0,0150	0,0004
Оцінка	53,90	37,90	0,32

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Паллада
$У = 22,5163 + 0,1522X_1 - 0,1986X_2 - 0,0031X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,990
Критерій Фішера F = 166,39

Таблиця П.2

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0055	0,0199	0,0006
Оцінка	27,651	9,954	5,182

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Кобуко
$У = 10,0120 + 0,1238X_1 + 0,0318X_2 + 0,0018X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,992
Критерій Фішера F = 193,62

Таблиця П.3

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0049	0,0179	0,0005
Оцінка	25,11	1,78	3,33

Додаток Р

РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ

У – кількість насінин на одній рослині, шт.;
X_1 – площа живлення, $см^2$
X_2 - ширина міжрядь, см
X_3 – густота рослин, тис./га

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Титан
$У = 28,2498 + 0,4012X_1 - 0,9259X_2 - 0,0006X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,990
Критерій Фішера F = 162,07

Таблиця Р.1

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0060	0,0205	0,0006
Оцінка	66,37	45,14	0,94

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Паллада
$У = 18,8628 - 0,0853X_1 + 1,3736X_2 - 0,0013X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,983
Критерій Фішера F = 94,73

Таблиця Р.2

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0181	0,0654	0,020
Оцінка	4,73	20,99	0,68

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Кобуко
$У = 39,5770 + 0,5138X_1 - 0,9606X_2 - 0,0007X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,979
Критерій Фішера F = 78,43

Таблиця Р.3

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0166	0,0603	0,0018
Оцінка	30,866	15,927	0,381

Додаток С

РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ

У – маса насіння, г;
X_1 – площа живлення, $см^2$
X_2 - ширина міжрядь, см
X_3 – густота рослин, тис./га

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Титан
$У = 5,5950 - 0,0158X_1 + 0,1529X_2 + 0,0006X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,995
Критерій Фішера F = 349,68

Таблиця С.1

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0008	0,0026	0,0001
Оцінка	20,65	59,09	7,28

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Паллада
$У = 4,2559 + 0,0435X_1 – 0,0577X_2 - 0,0007X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,984
Критерій Фішера F = 99,71

Таблиця С.2

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0019	0,007	0,0002
Оцінка	22,38	8,19	3,46

РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ:

Кобуко
$4,1685 + 0,0581X_1 - 0,0156X_2 + 0,0003X_3$
КОЕФІЦІЄНТ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ R = 0,990
Критерій Фішера F = 158,93

Таблиця С.3

Стандартні помилки і оцінка значимості (t - критерій) коефіцієнтів регресії.

	a1	a2	a3
Ст. помилка	0,0024	0,0085	0,0003
Оцінка	24,68	1,83	1,20

Додаток Т

Таблиця Т.1

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від сорту та способу сівби 2022 р.

Сорт	Спосіб сівби	Кількість плодоелементів, шт./росл.		Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
		бобів	насінин		
Титан	Рядковий, 15 см	57,4	121,0	23,7	195,5
	Рядковий, 30 см	47,8	102,0	18,0	186,6
	Широкорядний, 45 см	45,3	99,1	17,0	181,5
Паллада	Рядковий, 15 см	38,3	71,7	11,3	168,2
	Рядковий, 30 см	41	80,3	13,3	170,6
	Широкорядний, 45 см	26,4	71,4	11,0	163,4
Кобуко	Рядковий, 15 см	50,1	100,3	19,1	180,3
	Рядковий, 30 см	45,3	92,4	17,9	178,7
	Широкорядний, 45 см	41,1	87,6	16,8	175,3

Таблиця Т.2

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від сорту та способу сівби 2023 р.

Сорт	Спосіб сівби	Кількість плодоелементів, шт./росл.		Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
		бобів	насінин		
Титан	Рядковий, 15 см	21,9	51,4	7,9	153,7
	Рядковий, 30 см	18,7	50,6	7,1	140,3
	Широкорядний, 45 см	16,3	44,4	6,0	135,1
Паллада	Рядковий, 15 см	29,0	62,2	9,9	159,2
	Рядковий, 30 см	26,5	55,4	8,9	160,6
	Широкорядний, 45 см	20,8	47,5	7,2	151,6
Кобуко	Рядковий, 15 см	31,9	50,6	8,0	158,1
	Рядковий, 30 см	21,9	49,4	7,5	151,8
	Широкорядний, 45 см	17,4	36,0	5,4	150,0

Таблиця Т.3

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від сорту та способу сівби 2024 р.

Сорт	Спосіб сівби	Кількість плодоелементів, шт./росл.		Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
		бобів	насінин		
Титан	Рядковий, 15 см	36,0	79,9	14,7	180,6
	Рядковий, 30 см	33,1	74,7	13,4	173,9
	Широкорядний, 45 см	29,0	55,3	9,8	169,5
Паллада	Рядковий, 15 см	30,1	79,5	10,6	179,5
	Рядковий, 30 см	30,0	84,3	12,1	185,2
	Широкорядний, 45 см	24,2	66,8	10,4	177,2
Кобуко	Рядковий, 15 см	35,8	55,1	11,4	173,1
	Рядковий, 30 см	23,2	48,8	8,2	165,9
	Широкорядний, 45 см	20,2	46,9	7,8	160,6

Додаток Ф

Таблиця Ф.1

Урожайність насіння сортів сої залежно від способу сівби

Сорт	Ширина міжряддя, см	Урожайність, т/га (2022р.)	Прибавка до контролю		Урожайність, т/га (2023р.)	Прибавка до контролю		Урожайність, т/га (2024р.).	Прибавка до контролю	
			т/га	%		т/га	%		т/га	%
Титан	15	4,70	0,58	14,1	2,45	0,20	8,8	2,88	0,29	11,2
	30	4,18	0,06	1,5	2,40	0,15	6,6	2,76	0,17	6,6
	45 (к)	4,12	-	-	2,25	-	-	2,59	-	-
Паллада	15	3,05	0,19	6,6	2,66	0,40	17,7	3,34	0,01	0,3
	30	3,28	0,42	14,7	2,65	0,39	17,2	3,48	0,15	4,5
	45 (к)	2,86	-	-	2,26	-	-	3,33	-	-
Кобуко	15	3,91	0,49	14,3	2,56	0,17	7,1	2,71	0,37	15,8
	30	3,63	0,21	6,1	2,43	0,04	1,7	2,59	0,25	10,7
	45 (к)	3,42			2,39	-	-	2,34	-	-

Додаток Х

ФГ «Юрченко-Н» с. Великі Крушлинці
Вінницький р-н Вінницька обл.

АКТ № 1

впровадження завершеної науково-технічної розробки
«Технологія вирощування сої на основі просторового розміщення рослин на площі»

ФГ «Юрченко-Н» с. Великі Крушлинці, Вінницького р-н, Вінницької обл. підтверджує, що науково-технічна розробка «*Технологія вирощування сої на основі просторового розміщення рослин на площі*» впроваджувалась впродовж 2025 р. на площі 100 га.

Умови проведення впровадження: *Лісостеп правобережний, ґрунти сірі лісові середньосуглинкові, вміст гумусу 2,3 %.*

Суть впровадженої НТР: *технології вирощування сої на основі сівби сортів Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, Паллада з шириною міжрядь 30 см.*

Результати впровадження: *урожайність насіння сої сортів Титан (3,38 т/га) та Кобуко (3,35 т/га), Паллада (3,22 т/га). Прибавка урожайності насіння, відповідно, становила – 0,36 т/га або 12,3 %, 0,38 т/га або 11,5 %, 0,35 т/га або 12,5 %. Економічний ефект – 5,2-5,7 тис.грн/га.*

Директор ФГ «Юрченко-Н» _____ Юрченко Н.М.

«19» вересня 2025 р.

Додаток Х. 1

ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» с. Малі Крушлинці Вінницький р-н Вінницька обл.

АКТ № 2

впровадження завершеної науково-технічної розробки
«Технологія вирощування сої на основі просторового розміщення рослин на площі»

ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» с. Малі Крушлинці Вінницький р-н Вінницька обл. підтверджує, що науково-технічна розробка *«Технологія вирощування сої на основі просторового розміщення рослин на площі»* впроваджувалась впродовж 2025 р. на площі 100 га.

Умови проведення впровадження: *Лісостеп правобережний, ґрунти сірі лісові середньосуглинкові, вміст гумусу 2,2 %.*

Суть впровадженої НТР: *технології вирощування сої на основі сівби сортів Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, Паллада з шириною міжрядь 30 см.*

Результати впровадження: *урожайність насіння сої сортів Титан (3,45 т/га) та Кобуко (3,33 т/га), Паллада (3,28 т/га). Прибавка урожайності насіння, відповідно, становила – 0,38 т/га або 12,3 %, 0,37 т/га або 11,5 %, 0,35 т/га або 12,5 %. Економічний ефект – 5,2-5,7 тис.грн/га.*

Директор ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» Герцун П.М.

«18» вересня 2025 р.

Додаток Х 2

«ПОГОДЖУЮ»
Директор Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН
_____ Корнійчук О.В.
«13» листопада 2024 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ФГ «Юрченко-Н»
с. Великі Крушлинці, Вінницький р-н, Вінницька обл.
_____ Юрченко Н.М.
«13» листопада 2024 р.

АКТ
виробничої перевірки науково-дослідної роботи

1. Найменування наукової установи: *Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України.*

2. Найменування НДР, що проходить виробничу перевірку: *«Технологія вирощування сої на основі просторового розміщення рослин на площі».*

3. Автори закінченої НДР: *Юрченко Ю.О., аспірант лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН.*

4. Виробнича перевірка проводилась *в ФГ «Юрченко-Н» с. Великі Крушлинці, Вінницький район, Вінницька область.*

5. Відповідальні за виробничу перевірку:

- від Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, Юрченко Ю.О., аспірант лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур.

- від ФГ «Юрченко -Н», Юрченко Н.М., директор.

6. Умови проведення перевірки: *Лісостеп правобережний, ґрунти – сірі лісові середньосуглинкові, вміст гумусу – 2,3 %.*

7. Обсяг виробничої перевірки: *5 га.*

8. Строк перевірки – *2024 р.*

9. Методика проведення виробничої перевірки: *сівба сортів сої. Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, Паллада з шириною міжрядь 30 см.*

10. Порівняння проводили: *з посівами цих сортів, де сівбу проводили з шириною міжрядь 45 см.*

11. НДР забезпечила: *урожайність насіння сої сортів Титан (3,40 т/га) та Кобуко (3,22 т/га), Паллада (3,25 т/га). Прибавка урожайності насіння, відповідно, становила – 0,35 т/га або 12,3 %, 0,36 т/га або 11,5 %, 0,33 т/га або 12,5 %.*

12. Рекомендації виробництву: *в умовах Лісостепу правобережного для підвищення урожайності насіння сої висівати сорти Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, сорт Паллада – з шириною міжрядь 30 см.*

Аспірант лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур _____ Ю.О. Юрченко

Директор ФГ «Юрченко-Н» _____ Н.М. Юрченко

ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО «ЮРЧЕНКО-Н» Ідент. код 32172628 Україна Вінницький р-н с. Великі Крушлинці

Додаток Х 3

«ПОГОДЖУЮ»
Директор Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН

Корнійчук О.В.
«14» листопада 2024 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» с. Малі Крушлинці, Вінницький район, Вінницька обл.

Герцун П.М.
«14» листопада 2024 р.

АКТ
виробничої перевірки науково-дослідної роботи

1. Найменування наукової установи: *Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України.*

2. Найменування НДР, що проходить виробничу перевірку: *«Технологія вирощування сої на основі просторового розміщення рослин на площі».*

3. Автори закінченої НДР: *Юрченко Ю.О., аспірант лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН.*

4. Виробнича перевірка проводилась *в ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» с. Малі Крушлинці, Вінницький район, Вінницька область.*

5. Відповідальні за виробничу перевірку:

- від Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, Юрченко Ю.О., аспірант лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур.

- від ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці», Галатин С.В., агроном.

6. Умови проведення перевірки: *Лісостеп правобережний, ґрунти – сірі лісові середньосуглинкові, вміст гумусу – 2,2 %.*

7. Обсяг виробничої перевірки: *5 га.*

8. Строк перевірки – *2024 р.*

9. Методика проведення виробничої перевірки: *сівба сортів сої: Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, Паллада з шириною міжрядь 30 см.*

10. Порівняння проводили : *з посівами цих сортів, де сівбу проводили з шириною міжрядь 45 см.*

11. НДР забезпечила: *урожайність насіння сої сортів Титан (3,50 т/га) та Кобуко (3,32 т/га), Паллада (3,35 т/га). Прибавка урожайності насіння, відповідно, становила – 0,37 т/га або 12,5 %, 0,38 т/га або 13,5 %, 0,35 т/га або 11,5 %.*

12. Рекомендації виробництву: *в умовах Лісостепу правобережного для підвищення урожайності насіння сої висівати сорти Титан та Кобуко з шириною міжрядь 15 см, сорт Паллада – з шириною міжрядь 30 см.*

Аспірант лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур Ю.О. Юрченко

Агроном ТОВ СТОВ «Малі Крушлинці» С.В. Галатин

Додаток Ц

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Юрченко Ю.О., Чорна В.М. Формування та функціонування симбіотичного апарату сої залежно від способу сівби. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2025. Вип. 99. С. 65–76. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202599-06

2. Чорна В.М., Юрченко Ю.О. Особливості формування індивідуальної продуктивності рослин сої за різного способу сівби. Аграрні інновації. Одеса, 2025. No 31. С. 143–148. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.22

3. Юрченко Ю.О. Вплив способу сівби на формування якості насіння сої. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Камянець-подільський, 2025. № 3(48). С. 126-130 https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.15

Матеріали конференцій:

4. Юрченко Ю. Вплив способу сівби на формування фотосинтетичної продуктивності сої в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовий білок: матеріали XIV Міжнародної наукової конференції (12 жовтня 2022 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2022. С. 89–91. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2022conf

5. Юрченко Ю. Вплив способу сівби на врожайність насіння сої в умовах Лісостепу Правобережного. Сучасні кормові ресурси: селекція, технологія виробництва, заготівля та безпека кормів: матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених (14 вересня 2023 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023. С. 53–55. https://fri.vin.ua/wp-content/uploads/2023/10/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F_2023_%D0%9C%D0%92.pdf

6. Юрченко Ю. Динаміка нагромадження сухої речовини посівами сої. Корми і кормовий білок: матеріали XVI Міжнародної наукової конференції

(19–20 вересня 2024 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2024. С. 126 – 128 https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2024conf

7. Юрченко Ю.О. Кількість біологічно фіксованого азоту залежно від способу. Інноваційні технології у рослинництві: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції до 115-ої річниці з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, член-кореспондента НАН України, Заслуженого діяча науки України Кияка Григорія Степановича, 30 квітня 2025 р. [Електронний ресурс]. Львів-Дубляни: Львівський НУВМБ ім. С. З. Ґжицького. Північний кампус, 284 с. (С.176-179). https://repositori.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/2477